

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**



**TESIS**

**SISTEMA DE IMPLEMENTACIÓN DE MANUFACTURA ESBELTA**

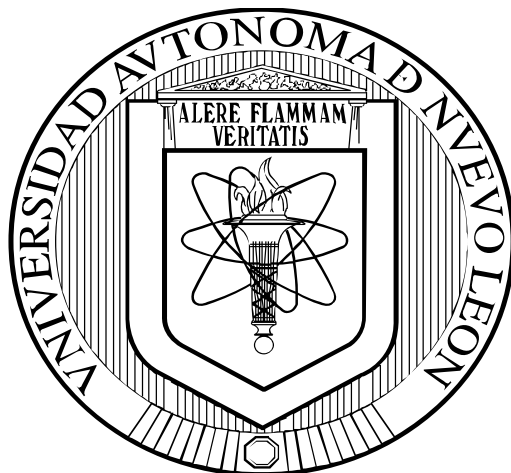
**POR**

**JORGE IVAN MIGUEL REYES**

**EN OPCIÓN AL GRADO DE MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA  
ADMINISTRACIÓN CON ESPECIALIDAD PRODUCCIÓN Y  
CALIDAD**

**NOVIEMBRE 2013**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA  
SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**



**TESIS**

**SISTEMA DE IMPLEMENTACIÓN DE MANUFACTURA ESBELTA**

**POR**

**ING. JORGE IVAN MIGUEL REYES**

**EN OPCIÓN AL GRADO DE MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA  
ADMINISTRACIÓN CON ESPECIALIDAD PRODUCCIÓN Y  
CALIDAD**

**NOVIEMBRE' 2013**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA  
SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**



**TESIS**

**SISTEMA DE IMPLEMENTACIÓN DE MANUFACTURA ESBELTA**

**POR**

**ING. JORGE IVAN MIGUEL REYES**

**EN OPCIÓN AL GRADO DE MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA  
ADMINISTRACIÓN CON ESPECIALIDAD PRODUCCIÓN Y  
CALIDAD**

**NOVIEMBRE '2013**

## PROLOGO

---

La necesidad de ser competitivos constituye en la actualidad, sin duda, una área de interés de primer plano en la industria.

Hoy en día no solo existe una competitividad a nivel nacional, sino una competencia global. Lo cual encamina a los empresarios a transformar sus empresas para alcanzar la excelencia operacional.

Es claro, en consecuencia, de que la vida actual de las empresas depende de una lucha en cuanto a lo que competencia mundial se refiere, me he propuesto por lo tanto con esta tesis, a ser parte de esa transformación, la cual requiere que la implementación de la manufactura esbelta sea efectuada eficazmente dando cumplimiento a los objetivos de la empresa.

# **Índice**

## **Síntesis.**

### **1-Introduccion**

#### **1.1 Objetivo**

#### **1.2 Metodología**

#### **1.3 Revisión Bibliográfica.**

### **2-Primera Etapa**

#### **2.1 Mejora Continua (Kaizen)**

#### **2.2 Empujar Jalar (KanBan)**

### **3-Segunda Etapa**

#### **3.1 Flujo Continuo (Continuos Flow)**

#### **3.2 Trabajo Estandarizado (Standardize Work)**

### **4-Tercera Etapa**

#### **4.1 A Prueba de Error (Poka Yoke)**

#### **4.2 Cambio Rápido (Quick Change)**

### **5-Conclusiones**

### **6-Bibliografia**

### **7-Apendice**

## Síntesis

---

Estamos viviendo una era de cambios de trascendencia, no solo en la industria sino en el mundo entero. El mundo actual de los negocios especialmente el efectuado por corporaciones internacionales ha conducido a que las operaciones de las empresas influyen en la economía de los mercados globales.

Estos aspectos han forzado a las empresas a reconsiderar la forma de conducir y efectuar sus negocios, en especial a la competitividad y satisfacción al cliente.

En estas tesis he plasmado un trabajo de investigación sobre la implementación de la manufactura esbelta, desarrollando conceptos que al ser llevados a la práctica beneficiaran a los procesos de cualquier empresa.

## INTRODUCCION

### 1.1 OBJETIVO Y ALCANZE

El objetivo de esta tesis es la siguiente:

Contar con un sistema por medio del cual, se establezcan las actividades necesarias para realizar la implementación de los conceptos básicos para alcanzar la manufactura esbelta.

Por lo tanto, la aportación queda definida, se desea facilitar la implementación del concepto de manufactura esbelta para impactar en:

Eficiencia

Calidad

Comunicación

Limpieza

Y

Reducción de costos

El alcance de la tesis será en la aplicación de organizaciones industriales.

## Justificación.

---

Bajo la manufactura esbelta, los empleados altamente entrenados se comprometen a eliminar el desperdicio y llevar solo aquellas actividades donde se adiciona valor. Los empleados analizan cada detalle del servicio al cliente y son cada vez más exitosos en eliminar desperdicios.

Cuando se implementa correctamente la manufactura esbelta, se utiliza tanto los atributos mentales como físicos para mejorar continuamente el sistema de producción.

Debido a una calidad de vida laboral y confianza mutua, el empleado acepta el compromiso mutuo. De esta manera el proceso de producción esta mejorando constantemente y se logran los niveles mas altos de eficiencia.

Bajo la producción esbelta, el empleado no es un robot, es un miembro totalmente maduro de la organización que utiliza tanto habilidades mentales como físicas para ayudar a servir al cliente por medio de los más altos niveles de productividad.



Metodología,

En esta tesis, expongo los siguientes temas como herramientas para implementar la manufactura esbelta.

<b>Concepto</b>
MEJORA CONTINUA ( KAIZEN)
EMPUJAR JALAR (KAN BAN)
FLUJO CONTINUO (CONTINUOS FLOW)
TRABAJO ESTANDARIZADO (STANDARDIZE WORK)
A PRUEBA DE ERROR (POKA YOKE)
CAMBIO RAPIDO (QUICK CHANGEOVER)

La extensión de esta tesis no permite agotar los temas tratados, no obstante. He procurado que no falte nada de lo que pueda considerarse como esencial en la implementación de la manufactura esbelta.

Espero que esta tesis sirva como misión y guía para la aplicación de temas aquí desarrollados.

El tiempo y los lectores darán la última palabra.

## Revisión Bibliográfica.

---

Para la elaboración de la metodología se realizaron tres actividades básicas, las cuales se describen brevemente enseguida.

### 1\_Revisión Bibliográfica.

Recopila información existente en literatura.

### 2\_Investigacion de algunas prácticas.

Obtener información de las empresas sobre su proceso de implementación, evaluación y factores de éxito.

Esto es, evidentemente, el resultado. Después de haber obtenido la investigación de la literatura y de haber recopilado información de las empresas.

## 2.1 "KAIZEN".

De todos los conceptos en la manufactura esbelta, "Kaizen" es el más importante. Kaizen significa mejoramiento continuo que involucra a todos los empleados, desde operadores hasta la gerencia. Kaizen es la base del concepto de control total (TQC) y círculos de control de calidad.

El termino "Kaizen" es comúnmente usado en Japón. Por ejemplo. Este es usado para resolver situaciones políticas y económicas. También frecuentemente usado en las relaciones Industriales entre los empleados y la gerencia.

El concepto "Kaizen" es crucial en el entendimiento de las diferencias de los alcances gerenciales entre Japón y el Oeste.

"Kaizen" Se refiere al proceso orientado a la forma de pensar, comparado con la innovación del Oeste resulta el pensamiento orientado.

"Kaizen" e innovación son necesarias si una compañía quiere sobrevivir y crecer. Kaizen es el entendimiento básico y filosófico para la mejor gerencia Japonesa. Kaizen es el concepto detrás de una buena gerencia.

Desde que "Kaizen" inicia con el reconocimiento de que todas las compañías tienen problemas, "Kaizen" también los soluciona al establecer una cultura corporal en la cual todos los empleados pueden admitir estos problemas.

Kaizen es una estrategia manejada por los clientes, con mejoramientos en áreas tales como calidad, costo y programación.

Entre más alto sea el nivel de la gerencia, mas será lo que él o ella se preocupen por el mejoramiento. Poe ejemplo. En el nivel mas bajo, un trabajador sin habilidades en una maquina puede pasar todo su tiempo siguiendo instrucciones. De cualquier manera, así como este trabajador se hace mas competente, empieza a pensar en mejoramientos e inicia a contribuir a un mejoramiento en la realización de su trabajo, ya sea atravez de sugerencias individuales o atravez de sugerencias en grupos.

### ***El control de calidad se relaciona con la calidad de la gente***

Cuando se habla de calidad, el primer pensamiento que se viene a la mente es producto de calidad. En Kaizen el primer aspecto de calidad es gente de calidad que ha sido entrenada fuertemente y tienen un firme liderazgo. La gente debe ser ayudada para identificar problemas en el medio de trabajo y ser entrenado en las herramientas de solución de problemas para que ellos puedan enfrentar los problemas que identifiquen. Una vez que el problema haya sido resuelto, los resultados deben ser estandarizados para prevenir que ocurran de nuevo. Para ir atravez de este ciclo de nunca-acabar la gente puede convertirse en "Pensadores-"Kaizen" y construir la disciplina para alcanzar "Kaizen" en su trabajo.

El implementar TQC (Total Quality Control) involucra la cooperación de todos dentro de la compañía, incluyendo a gerencia, gerentes, supervisores, y trabajadores en todas las áreas. Incluyendo investigación de mercado, desarrollo, planeación de producto, diseño, planeación de producción, compras, vendedores, manufactura, inspección, ventas y servicios, finanzas, recursos humanos, y entrenamiento.

TQC significa un acercamiento sistemático y estadístico para Kaizen y solución de problemas. En la solución de problemas estadísticos, uno regresa repetitivamente a las causas del problema para obtener información. Este acercamiento se respalda en un proceso de pensamiento orientado y trabajado con información impresa, no con presentimientos y corazonadas. TQC es una forma de pensar en la cual "vamos a mejorar el proceso". Piensa bien, debe haber algo que trabajaba bien. Vamos a encontrarlo y construir sobre eso.

## Taller de trabajo Kaizen



El taller de trabajo de Kaizen es un importante ejercicio de mejoramiento, que usa los principios básicos de los sistemas de producción para rápidamente mejorar un área específica. El proceso puede tomar más de un mes para planearlo, de 3 a 5 días para implementarlo, y otro mes para finalizar. El taller de trabajo puede ser solamente exitoso con un gran apoyo de gerencia y la cooperación de todos. Esto incluye el apoyo de mantenimiento para hacer, implementar e instalar lo que sea necesitado para terminar dentro del tiempo permitido así como el aseguramiento de que estén disponibles fondos y recursos por parte de la gerencia.

Aquí hay 5 etapas del taller de trabajo de Kaizen:

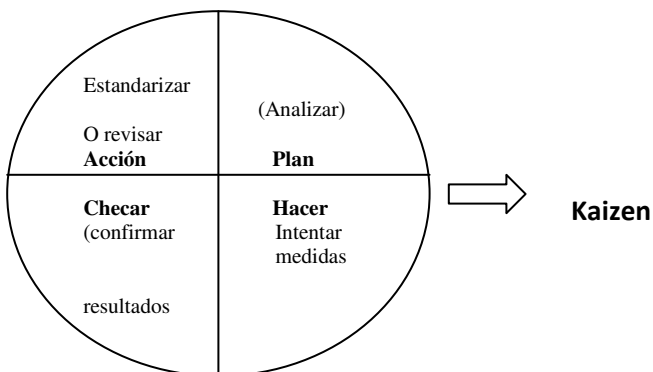
- 1.- Al alistarse y entrenar el equipo
- 2.- Analizar métodos presentes.
- 3.- Asociación de ideas, pruebas, y evaluar ideas.
- 4.- Implementar y evaluar mejoramientos, y
- 5.- Presentar resultados y dar seguimiento.

### ***Preparación y entrenamiento del equipo.***

Antes de iniciar un taller de trabajo Kaizen se deben realizar preparativos para asegurar su éxito. Las evaluaciones al sistema de producción nos ayudan a identificar los problemas dentro de cada celda antes y después de una actividad Kaizen. Esta evaluación indica en donde están nuestras debilidades y nos ayuda a realizar mejoramientos. Basado en una evaluación, se elige una celda y se selecciona un equipo multi-funcional. El entrenamiento es la primera actividad del taller de trabajo de Kaizen. Los temas deben incluir "Muda", estandarización del trabajo, flujo continuo y cambios rápidos, junto con otros temas pertinentes.

### ***Evaluación del método actual***

Durante y después del entrenamiento, se envía al equipo a piso para observar la celda en acción. Se graba el proceso para que puedan ser generadas tablas de combinación de trabajo y gráficas de estandarizaciones de trabajo. Se analiza el vídeo para determinar el flujo de material, tiempo de ciclo, distribución de la celda, desperdicio de proceso, y otras medidas vitales. Adicionalmente, el número actual de operadores, tiempo extra y niveles de defecto. También pueden ser tomadas fotografías para uso de documentación del sistema "Kaizen".



### ***Lluvia de ideas. Prueba y Evaluación de ideas***

Usar como guía las estadísticas obtenidas del análisis de trabajo de las celdas, para que el equipo "Kaizen" se divida en grupos más pequeños para realizar una asociación de ideas discutir en que forma que pueda ser mejorada la celda. Después de proponer varias tácticas posibles, el equipo pone a prueba sus ideas y observa su efecto. Las ideas de la prueba y resultados deben ser compartidas con el resto del equipo "Kaizen" para evitar que los otros grupos cometan los mismos errores, y además para proveer inspiración para nuevas ideas. La asociación de ideas, prueba y ciclo de evaluación se puede realizar varias veces antes del plan final para alcanzar la meta por la cual pudo haber sido creado el "Kaizen".

### ***Implemente y Evalúe los mejoramientos.***

Después de que el equipo a desarrollado su plan para alcanzar los objetivos de Kaizen, una requisición de mantenimiento es generado. Se deben describir las modificaciones para que la gerencia pueda autorizar los cambios. Una vez que los mejoramientos a las celdas de trabajo y sus procesos son hechos. Todos los turnos son entrenados en el nuevo proceso por miembros del equipo "Kaizen". El seguimiento a la implementación del plan y los mejoramientos son monitoreados y el proceso es grabado y se preparan nuevos estándares. Los resultados son medidos y artículos que requieran tiempo adicional son colocados en una lista de 30 días, y se formara un equipo para ser responsable del cumplimiento de este mismo.

### ***Presentar resultados y dar seguimiento***

Los miembros del equipo escriben todos los mejoramientos y recolectan información, asignan valor de dinero, ahorro de espacio y otros factores de los mejoramientos. Cada miembro del equipo participa en una presentación a la gerencia en la compañía, y un compromiso de acabar en un periodo de 30 días es hecho. La gerencia reconoce el esfuerzo del equipo y hace sugerencia para el futuro. Ver ejemplos en la sección de "Apéndices".

## 2.2 "Kanban" Sistema de jalar

Para implementar el sistema de producción eficientemente, se requiere mantener proveída diariamente a nuestra planta con miles de artículos usados para hacer productos. Proveer estas partes en el preciso momento cuando sean necesitadas, y en la cantidad exacta necesitada, es parte del Justo a tiempo.

Cada proceso de manufactura requiere acceso inmediato a los artículos necesarios. De cualquier forma, en un sistema (JIT) nadie produce o transporta artículos innecesarios. Esto ayuda eliminar los desperdicios y reduce los costos de producción.

El sistema JIT está basado en tres elementos principales de producción:

Flujo continuo  
Trabajo estandarizado, y  
Sistema de jalar ("kanban")

Flujo continuo y trabajo estandarizado son temas previos en esta tesis. Esta sección explica el sistema "Kanban" que se enfoca directamente a:

Lo que se necesita,  
Cuando se necesita y  
La cantidad que se necesita.

Una de las cosas mas importantes sobre el "Kanban" es que cuando los materiales disminuyen, Los códigos de barras automáticamente activa el reorden.

El origen del sistema de "Kanban" fue basado en los supermercados durante la visita a Estado Unidos de Kiichiro Toyoda, el fundador de Toyota y su principal asociado Taiichi Ohno. Ellos estaban fascinados en la habilidad de los supermercado Americanos para proveer la mercancía., particularmente por la forma en que los cliente podían seleccionar en un extenso surtido de productos en rango de precios. Así ellos posteriormente implementaron estos elementos al exitoso sistema de Producción Toyota.



## Sistema básico de "KANBAN"

Las señales Kanban indican cuando se debe rellenar los contenedores de los materiales que han sido sacados para ser utilizados. Es por eso que el uso de kanban es conocido como el sistema de jalar. Cada proceso "Jala" mas partes almacenadas de las que el proceso anterior jala de ellos. Artículos usados en un proceso determinan cuantas partes deberían ser procesadas en procesos previos en la misma planta. Esto contrasta con sistemas de manufactura tradicional (sistemas de empujar) donde cada proceso envía lo que sale al siguiente proceso, sin importar las necesidades del siguiente proceso.

Ventajas de un sistema de jalar sobre un sistema de empuje, incluyen:

Un sistema rápido de ordenamiento automático. No ocurren tardanzas de entrega debido a procesos extras o manipulación de información;  
No se ordenan partes que no sean necesitadas para llenar una orden existente;  
No se necesita papeleo porque la información registrada de Kanban es completa; y  
Una suave transición entre cada proceso

Kanban es una herramienta esencial para producir un flujo de trabajo, Kanban ayuda a unir los pasos en los procesos de producción. Atravez de esta unión, la distribución de trabajo de un proceso se traduce en una distribución de trabajo en procesos anteriores.

Un Kanban sirve un número de propósitos relacionados. Es un:

Instrumentos de producción y transportación.

Herramienta de control visual para el manejo del área de trabajo el cual ayuda a:

- Eliminar sobre producción
  - Disciplinar el proceso de producción, y
  - Identificar cualquier proceso de "cuello de botella"; Y
- Herramienta de mejoramiento continuo o "Kaizen".

## Tipos de Kanban

Existen varios tipos de Kanban:

- Kanban en proceso
- Kanban del proveedor
- Kanban de proceso interno
- Kanban de señalamiento

### Kanban en proceso

A cada paso en el proceso de producción, un Kanban señala cuando sacar mas partes del proceso que se le precede para remplazar las partes usadas. Las más simples órdenes de Kanban reemplazan las partes consumidas retornando una tarjeta a su posición previa. El Kanban solo indica la parte y cantidad necesitada porque es sabido de cual proceso viene la orden. Los operadores usan un Kanban en proceso para notificar que el proceso precedido que ellos tienen redujo sus reservas de un artículo necesario y que más deben ser hechas.

### Kanban del proveedor

Para ordenar partes de un proveedor exterior, se usan "Kanban" similares a las "Kanban" en proceso, para mandar información a las plantas de esos proveedores.

Frecuentemente los proveedores agregan Kanban identificando los productos que ellos entregan. Estos mismos proveedores después reciben órdenes por "Kanbans" las cuales ellos quitan de las cajas en el área designada para recibir Kanbans en cada compañía. Cuando el proveedor necesite, un operador manda un Kanban marcada correctamente para el proceso anterior. Este Kanban es después mandado a una estación de Kanban, donde se señala el flujo de proveedores adicionales. El papeleo es mantenido a un mínimo y los operadores hacen la orden cuando ellos liberan el Kanban.

### Inter-proceso Kanban

El kanban de proceso interno son agregados a las partes las cuales un proceso ha producido y arreglado para el siguiente proceso para escoger. Son removidas de las partes que el siguiente proceso selecciona y vuelven al proceso original como la siguiente instrucción de producción.

Kanban de proceso interno comunica instrucciones de manufactura para procesar lo cual hace solo un tipo de parte y trabajar en estaciones lo cual hacen diferentes tipos de partes con un rápido cambio de línea y tiempo de ajuste para cada tipo de parte

Kanban de señalamiento

Los Kanban de señalamiento comunican instrucciones a estaciones de trabajo de artículos de manufactura con tiempo de longitud de ajuste y cual pueden producir esos artículos mas rápidamente que los necesitemos en el proceso que sigue.

La señal Kanban contiene la siguiente información:

El proceso d estampado y la dirección del área de almacenamiento de partes estampadas.

Numero de parte del estampado.

Los materiales, sus dimensiones, y la dirección del área de almacenamiento.

El nombre de la tarima de partes estampadas que es, la forma de ensamble y la capacidad de la tarima.

Cantidad de proceso de un cambio de ajuste, que es, el tamaño del lote, y

El punto de orden

Pasos para crear un Kanban funcional.

Aquí están algunos puntos importantes para incluir en una Kanban típico:

Lista de línea de estación: La locación de la línea de ensamble donde el Kanban será procesado.

Numero de Kanban: Un numero para distinguir el Kanban de cualquier otro Kanban con el mismo numero de parte.

Código de Barras: Una maquina con código leíble o una franja de información de información que deje registrar en un código o formato digital.

Numero de Parte: Un numero único que identifique componentes o partes.

Descripción de parte: El nombre completo de la parte mas detalles de sus características;

Cantidad por caja: Numero de componentes a ser producidos;

Nombre del proveedor: Identifica la compañía que produce esas partes.

Dirección del área de embarque: Ubicación de donde los ensambles terminados son tomados para embarque; y

Dirección de almacenamiento de partes: Ubicación en la fábrica donde los componentes pueden ser almacenados temporalmente antes de usarlos en una línea de ensamble.

## Reglas de Kanban.

Aquí tenemos reglas que aplican a todos los tipos de Kanban:

Kanbans deben ser agregado a las partes actuales.

Partes defectuosas no deben pasar al siguiente cliente

Solo producir y transportar cuando existe una tarjeta Kanban

El siguiente proceso va al proceso que le precede para traer partes.

El número de partes retiradas debe ser el mismo al de Kanban

El número de partes producidas debe ser igual al número de partes retiradas por el siguiente proceso.

Aunque estas reglas parecen simples, son difíciles de seguir. El nuevo sistema Kanban requiere atención cercana para asegurarse que estas reglas son seguidas y las suposiciones iniciales fueron correctas. El sistema establecido necesita mantenimiento regularmente para asegurarse que estén funcionando y que esa demanda no ha cambiado.

## Calculo del numero necesario de Kanbans

Para determinar cuántos Kanbas necesitas en cada proceso, el total debe cubrir el tiempo del proceso (lead time ). El tiempo de proceso "Lead time".- Es el tiempo que le toma a la materia prima ser convertido una parte terminada.

La formula Kanban es una formula de 4 factores para ayudarte a determinar cuantas tarjetas Kanban son necesaria para cada proceso. Cada uno de estos factores es numerado, abajo:

$$\left( \frac{\text{"Lead time "}}{\text{Takt time}} \right) / \text{Cantidad de partes por Kanban} + X = \text{Numero de Kanbas necesarios}$$

1.-El tiempo de proceso "Lead time " se describe arriba.

2.-Tiempo pauta "Takt time" es el tiempo en la cual una parte debe ser terminada. Es calculado al dividir el tiempo de manufactura disponible por el requerimiento de manufactura.

$$\text{Takt time} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Requerimiento de producción}}$$

3.- Cantidad por Kanban es la cantidad más pequeña en una caja o contenedor estándar, o la cantidad más conveniente de manejo. Por ejemplo,

una caja de cartón contiene una docena de huevos. Esta cantidad sería la más conveniente en ese artículo.

4.- X= el factor desconocido. X es un margen de seguridad o de confianza manejado por la gerencia para prevenir al cliente en caso de que la orden no se cumpla debido a algún otro problema, Ya sea clima, errores o tiempo de proceso perdido. Este factor puede incluir pequeños márgenes para:

Almacén de seguridad  
Tamaño del lote a retirar  
Tamaño de lote de producción  
Tiempo de cambio  
Variación del cliente

Ejemplo de la fórmula para el cálculo del kanban:

- 1.- "Lead Time " = 10 días; total de 4500 minutos de trabajo en 10 días
- 2.- "Takt time " = 100 minutos
- 3.- Cantidad de partes por Kanban = 2 partes
- 4.- Factor X = 5 (margen de seguridad ).

$$\left( \frac{\text{"Process Lead time"}}{\text{"Takt Time"}} \right) / \text{Cantidad de partes por Kanban} + X = \text{Numero de Kanbans necesitado}$$

$$\frac{10 \text{ días}}{100 \text{ min.}} = \left( \left( \frac{4500}{100} \right) / 2 \right) + x = 22.5 + 5 = 28 \text{ tarjetas Kanban necesitadas}$$

Redondear al numero entero más cercano.

Consejos para el lanzamiento correcto de un programa Kanban.

Identificar una area piloto para cada Kanban.

Planea como funcionara cada Kanban y su tipo a usar.

Si el flujo de una sola pieza no puede ser alcanzado entonces calcula el nivel mínimo y

Máximo de inventario para cada parte.

Use solamente los Kanban diferentes necesarios.

Determina la cantidad de partes a ser cubierta por cada tarjeta de Kanban.

Calcule cuanta tarjetas de Kanban SON NECESARIAS.

Diseñe una tarjeta de Kanban.

Escriba sus procedimientos de Kanban.

Entrene a los usuarios del sistema.

Monitoree el nuevo sistema de Kanban siguiendo visualmente el flujo y observando los retrasos, tarjetas perdidas y mal manejo.

#### Mantenimiento del sistema Kanban

Empezar a trabajar con un sistema de "Kanban" puede ser simple, pero mantenerlo y hacer ajustes cuando los problemas ocurran puede ser complicado. Recuerda que los Kanban no producen errores pero los operadores que los manejan pueden causarlos.

Aquí esta una lista adicional de sugerencias de usuarios de Kanban con experiencia.

El número de Kanban a usar es ajustado de acuerdo a la fecha de cualquier cambio del volumen de producción.

Mantén el cantidad de margen de seguridad lo mas mínimo posible a través de "Kaizen" o mejora continua.

Saca los Kanban después de usarlos y recoge cada Kanban al menos una vez al día.

Retira las partes que se necesiten consistentemente y exactamente.

Entre menos Kanbans utilices, tu proceso será fácil.

Mantén el nivel de producción en mente.

Observa los cambios en los niveles de producción.

Constantemente mantén el número óptimo de kanban como sea determinado por tu fórmula de cálculo de Kanban.

Ver ejemplos de Kanban en la sección de Apéndice.

### 3.1 Flujo continuo

En el corazón de los sistemas de producción están sus sistemas de manufactura. Cada sistema es una colección de procesos y trabajo arreglado en un camino puesto en orden para producir bienes de calidad eficientemente. Herramientas para medir un sistema de manufactura eficientemente incluyen parámetros establecidos, tales como poner a través del tiempo o guiar; niveles de producción; porcentaje de defectos; y trabajo en proceso, los cuales son descritos en el glosario de este manual.

Cada sistema de manufactura está basado en producción "Justo a tiempo". El significado de esta palabra es exacto: En todas las estaciones de producción, JIT significa producir y/o transportar:

Solo las unidades necesitadas,  
Solo cuando sean necesitadas,  
En la cantidad exacta necesitada.

Los blocks de construcción de un sistema JIT son los conceptos básicos de tiempo "taka", trabajo estandarizado, sistema de jalar y flujo continuo. Flujo continuo es la secuencia de manufactura la cual toma lugar cuando partes son procesadas una tras otra. Henry Ford, el inventor de la línea de ensamble, también hizo popular este proceso cuando jalaba los carros en la línea y tenía trabajadores realizando un trabajo a la vez. Aunque muchas industrias veían el concepto de flujo continuo como automotriz, casi todos los productos manufacturados desde comida rápida a computadoras se mueven hacia Un proceso de flujo continuo.

### Contrastes de manufactura tradicionales

En un sistema de manufactura tradicional, el diseño de la planta en general está basado en un plano de tienda de trabajo en el cual maquinas del mismo tipo está agrupadas juntas en departamentos. Cada departamento maneja una opción separada, tales como torno, fresadora, o ensamble y corre a su propio ritmo. El resultado es que la producción está en pausa impar, forzando en algunas áreas el acelerar operaciones, cuando otras tienen periodos lentos. Excedentes ocurren a menudo en áreas de producción rápida, con acortamientos tomando lugar donde ocurran "Cuellos de botella".

Otro inconveniente de una planta de manufactura tradicional que van en contra largos montones de producción de producto que limita la oportunidad de cambios. Además, montones largos de producción típicamente nos lleva a incrementar el inventario, tiempo líder y transporte de bienes.

Piensa en cada operador en una planta de manufactura tradicional como un operador independiente produciendo a su propio ritmo. El resultado es una carga de trabajo no balanceada, con grandes cantidades de trabajo en proceso en varias etapas de producción.

### Operaciones de flujo continuo

En un sistema de trabajo JIT todos los Operadores producen a la misma pauta. El tiempo de trabajado disponible en un día es dividida por la cantidad de Ordenes del proveedor. Los resultados son llamados Tiempo Takt.

Cargas de trabajo deben ser balanceadas en una operación de flujo continuo JIT, para que el flujo de Trabajo se mueva bien de proceso a proceso. Cada Proceso debe también ser estandarizado. Así elementos individuales del proceso más largo pueden ser compartidos con procesos con un tiempo en general Más rápido. De esta forma los trabajadores pueden Asistirse unos a otros como sea necesitado para Ayudar balancear cargas de trabajo individual. El resultado es una secuencia de producción la cual termina totalmente partes en una secuencia de tiempo ""Primera adentro-primera fuera""

Las ventajas de flujo continuo incluyen:

- Habilidad de usar trabajadores multifuncionales donde ellos sean mas necesitados;
- Tiempo guía cortos;
- Inventario mínimo de trabajo en proceso;
- Facilitar la implementaron y localizaciones e problemas;
- Facilitar la implementación del trabajo estandarizado.

Todas las operaciones de flujo continuo son basadas en 4 funciones de interacción – hombre, maquina, material y planos:

Hombre – Cada operador es un trabajador multifuncional capaz de realizar procesos múltiples para una flexibilidad máxima.

Maquina – La secuencia del diagrama de las maquinas corresponde a la secuencia de un proceso para un producto.

Material –Flujo 1 por 1 : Los productos se mueven de un proceso al siguiente proceso una pieza a la vez de acuerdo al tiempo Takt

Planos – Áreas de trabajo independientes son combinadas en un diagrama de forma U para establecer un flujo de producción donde una parte es agregada para cada parte retirada.



## Implementar células de flujo continuo con forma de "U"

Para convertir el PS, una planta tradicional de manufactura debe ser implementada el proceso de flujo continuo. El primer paso es poner unidades de trabajo continuo como células. Estas son unidades de proceso independientes fundamentales a producción JIT. Células son compatibles con sub-ensambles y líneas de ensamble final.

Un diagrama de célula en forma "U" es el diagrama mas flexible y funcional para casi todos los procesos EPS, en una línea de flujo continuo, solo puedes compartir elementos de proceso con los procesos de antes y después. De cualquier, con una célula en forma de "U" puedes compartir elementos de trabajo con procesos atrás y diagonal a cada una. Un diagrama en forma de "U" habilita al operador a producir y transferir partes una pieza a la vez.

Con una línea en forma de "U", el trabajo en proceso está controlado hacia delante con la entrada de materiales y la salida del producto terminado. En suma, con una línea en forma de "U" con frecuencia puede tener un operador trabajando al principio y al final del proceso, mientras alguien mas se encarga de en medio. Otras ventajas de una célula en forma de "U" sobre una manufactura tradicional incluye:

- Menos espacio en piso es generalmente necesitado,
- Mas alto rendimiento por operador,
- No-inventario en exceso, y
- Menos desperdicio

Un diagrama de línea "U" puede no siempre trabajar debido al tamaño del cuarto u otros contrastes, tales como requerimientos eléctricos y accesos de agua. La forma y tamaño del equipo puede hacerlo extremadamente difícil de mover. Cuando diagramas de contrastes prohíben formas "U", una línea derecha puede ser utilizada.

Diagramas de equipo para cada proceso deben ser localizados enseguida del equipo para el proceso siguiente de inmediato para que el proceso de uno por uno tome lugar. Cada célula produce una familia de partes y elimina las etapas de trabajo entre cada proceso. Demanda de producto, mezcla y diseño deben ser consideradas en diseñar una célula para que sea flexible lo suficiente para adaptarse fácilmente y manejar cualquier requerimiento del cliente.

Las demandas de cantidad del Cliente deben llenarse al agregar o restar trabajadores de la célula. Varias hojas de trabajo estandarizado para cada escenario de tiempo Takt deben ponerse juntas por adelantado para ordenes del cliente. Esto permitirá que los trabajadores cambien de inmediato métodos de proceso en cuanto el cliente lo demande. Cambios en las demandas del cliente mezcladas pueden alcanzarse fácilmente con flujo continuo.

Tiempos de ciclo de equipo deben ser considerados para la célula entera. Al encajar los ciclos de tiempo para cada pieza del equipo, uno por uno el proceso se convierte regular. Para hacer esto, primero determinar el tiempo del ciclo determinado basado en costos de proceso y ordenes futuras del cliente. Después revisar como cada material será manejado en cada etapa.

Tecnología avanzada, tales como robóticas y automatizadas, deben ser diseñadas dentro del equipo. Este es también un buen tiempo para considerar equipo de ejecución automática. Con ejecución automática el producto es colocado dentro del equipo sin tener que remover el producto completo del ciclo anterior.

Requerimientos de mantenimiento preventivo y procesos de mantenimiento regular para cada pieza de equipo deben ser considerados. Dejar espacio para que siempre haya lugar suficiente para deslizar equipo durante mantenimiento. Los procedimientos de mantenimiento deben estar en lugar para que todos puedan planear para ellos.

La calidad debe ser construida en todos los pasos de procesos de manufactura. Cada proceso debe ser revisado en términos de construir partes con calidad. El principio de cero defectos debe ser enseñado a todos los operadores y supervisores para que entiendan como construir calidad en cada proceso. Cero defectos significan eliminar la oportunidad de que el cliente reciba un defecto. También son necesitados los procedimientos para parar cada proceso cuando se detecte un problema.

Cambios de equipo deben ser rápidos y fáciles de ajustar para que el cambio de un producto a otro pueda ser echo rápidamente. Cada equipo nuevo requiere la capacidad de un cambio rápido. Los procedimientos de cambio deben ser estandarizados para que todos entiendan como pueden cooperar eficientemente y maximizar el tiempo. Las herramientas deben ser estandarizadas, y es importante de que cada herramienta de cambios este en el lugar adecuado cuando ocurra un cambio. Código de colores de mecanismo críticos es útil.

Células multi-flexibles pueden adaptarse para diseño de producto al agregar equipo cuando sea necesario. Equipo nuevo puede traer cambios físicos para diagramas de células. En vez de ser arreglados en un solo lugar, maquinas y

mesas de trabajo deben ser localizadas en rieles o ruedas cuando sea posible para que sean más fáciles de moverse y re acomodar

Aquí tenemos puntos principales para crear una célula.:

No agrupar maquinas juntas por tipo

Cuando sea posible, usar maquinas dedicadas que son más pequeñas y menos caras que los equipos grandes de producción.

Acomodar maquinas en formación de "U" de acuerdo a secuencia.

Diseñar cada célula para que operadores trabajen de pie, y asegurarse que el movimiento de los operadores nunca se crucen y evitar colisiones.

Para un mínimo tiempo de ajuste, es importante que los dados y herramientas puedan ser cambiadas fáciles y rápidamente.

Dentro de cada célula, las partes se mueven de una pieza a la vez de maquina a máquina. Este flujo de uno-por-uno de material.

Eliminar filas de almacenamiento entre procesos

Reducir manejo de material, y

Ahorrar espacio de trabajo.

Al mismo tiempo, los operadores deben saber inmediatamente cuando existe un problema de máquina. De esa forma todos en esa célula pueden ayudar a resolver el problema de inmediato con casi nada o muy poco tiempo fuera

#### Producción de lotes pequeños

Debido a equipos inadecuados o una orden de pequeña cantidad requerida por un cliente, Producción de lotes pequeños ha sido desarrollada. Cerca de 5 partes son apiladas juntas y son pasadas a través de cada proceso, en estos casos, producciones de lotes pequeños son más eficientes que las apilaciones de producciones más grandes. De cualquier forma, balancear es a menudo difícil por las diferencias en procesos son multiplicadas por el apilamiento del tamaño del lote. Cuando una estación, área de proceso, o trabajo en la línea tiene que producir una pequeña cantidad de partes (por ejemplo, 6, 9 o 12 partes), el ciclo del tiempo será incrementada por 6, 9 o 12 veces un tiempo del ciclo

### 3.2 Estandarización del trabajo.

El trabajo estandarizado esta en el corazón del sistema de producción, esto pauta el sistema de producción suavemente y efectivamente día tras día. El trabajo estandarizado consiste en procedimientos de ajuste los cuales regulan cada elemento de trabajo y establece la mejor secuencia para cada proceso de ensamble y manufactura. Todos los trabajos son organizados alrededor del movimiento humano necesario para crear una secuencia de producción eficiente.

Un concepto básico de “PS” es que la gente quien hace un trabajo sabe mas que ningún otro acerca de ese trabajo en particular. Los miembros del equipo y sus líderes juntos determinan la secuencia mas eficiente para una tarea. Cuando esta tarea es realizada, debe ser repetida precisamente en el mismo modo. Esta repetición mantiene la calidad y la seguridad del trabajador, evita los movimientos innecesarios y previene el daño del equipo.

Los tres elementos principales del trabajo estandarizado son:

Tiempo Pauta "Takt time "(requerimientos de producción);

Secuencia de trabajo; y

Almacenamiento estándar en proceso

El trabajo estandarizado es un proceso flexible y evolutivo. Mejores maneras de realizar una tarea son vistos continuamente. El trabajo estandarizado es un componente importante de Kaizen o mejoramiento continuo porque este pauta la producción, elimina Muda y mejora los procedimientos de trabajo. Cuando sea que los líderes de equipo y operadores descubren un problema o un posible mejoramiento, ellos pueden ajustar los procedimientos a como se necesiten. Mantener la información de trabajo estandarizado rutinariamente hace mas fácil incorporar estas modificaciones dentro del sistema.

El trabajo estandarizado cambia cuando:

Los requerimientos de producción cambien (Takt time), o

Un método de mejoramiento operacional es encontrado e incorporado dentro del proceso. Este es un ejemplo del trabajo Kaizen. Otros ejemplos de trabajo Kaizen son trabajos redistribuidos y diagramas de células reorganizadas.

## "Takt time"

El tiempo pauta es la herramienta de medida primaria en el trabajo estandarizado. Takt es la palabra Alemana para el metro musical o ritmos.

Las pautas de producción es como usar un metrónomo para ajustar el ritmo durante las prácticas de piano.

Un metrónomo tiene un péndulo boca abajo lo cual es ajustado a un cierto tiempo.

En APS, es importante "mantener el tiempo" o la producción moviéndose a la pauta correcta para la salida deseada. Esto es como el tiempo Takt es incorporado dentro del proceso de producción.

El Takt time sincroniza o pauta la producción a las demandas del cliente. Esto es la cantidad de tiempo que esto debe tomar para terminar una parte o un trabajo dado completo, basado en volúmenes de venta.

$$\text{"Takt time"} = \frac{\text{Tiempo de operación total diario}}{\text{Requerimiento de producción total diaria}} = \frac{\text{Tiempo}}{\text{Volumen}}$$

Para determinar el Takt time , primero calcula el total de requerimientos de producción diaria. Asumiendo una semana de trabajo de cinco días estándar, el total de requerimientos de producción diaria es el total de requerimientos de producción semanales divididos entre 5.

$$\frac{\text{Requerimientos De Producción Semanales}}{5 \text{ días}} = \frac{\text{Requerimiento total de producción diaria}}{1}$$

Después determina el total de tiempo de operación en un día de trabajo. Este es el total disponible de tiempo en turno, menos los tiempo de juntas, descansos, comidas y otros tiempo no operativos. Este ejemplo del CD del trabajo estandarizado muestra el tiempo total disponible en un día de trabajo estandarizado con un turno de 8 horas: \*

Vamos atravez de la calculación del Takt time del trabajo estandarizado:

El XYZ la compañía lo coloca una ordena de una semana por 16,200 unidades rojas, 8,800 unidades azules y 15,000 unidades verdes.

$$\text{Tiempo Pauta} = \frac{\text{Tiempo de operación total diario}}{\text{Requerimiento de producción total diaria}} = \frac{\text{Tiempo}}{\text{Volumen}}$$

$$\begin{array}{r}
 16,200 \text{ unidades rojas} \\
 + 8,800 \text{ unidades azules} \\
 + 15,000 \text{ unidades verdes} \\
 \hline
 40,000 \text{ unidades totales}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 40,000 \text{ unidades} = 8,000 \text{ unidades totales de requerimiento de producción} \\
 \text{diaria} \\
 \hline
 5 \text{ días de trabajo}
 \end{array}$$

Para una simple vista, este ejemplo tiene operación de un turno. Un turno de 8 horas tiene 28,800 segundos. Resta 4,800 segundos (80 minutos) de descansos, comidas y juntas de grupos.

$$\begin{array}{r}
 28,800 \text{ segundos} \\
 - 4,800 \text{ segundos} \\
 \hline
 24,000 \text{ segundos totales de tiempo de operación diaria}
 \end{array}$$

$$\frac{24,000 \text{ segundos}}{8,000 \text{ unidades}} = 3 \text{ segundos por unidad de tiempo pauta}$$

En repaso, cuando el volumen de ordenes se incrementa o disminuye, el Takt time debe ser ajustado para que la producción y demanda sean sincronizados. Para evitar Muda, la secuencia entera de producción debe correr precisamente al Takt time.

### Ciclos de Tiempo

Para determinar el numero de trabajadores necesarios para una tarea, el Takt time es usado junto con otro concepto EPS – los ciclos de tiempo. Los ciclos de tiempo no deben ser confundidos con el Takt time. Los ciclos de tiempo están basados en la maquinaria y la capacidad del proceso y es la cantidad de tiempo para un proceso para llevar a cabo, mientras que el Takt time refleja la demanda del cliente.

Por ejemplo, para determinar cuantos trabajadores son necesarios para las tareas abajo, agrega los ciclos de tiempo y divide por el tiempo Takt.

$$\begin{array}{r}
 A = 1 \text{ minuto ciclo de tiempo} \\
 B = 1 \text{ minuto ciclo de tiempo} \\
 C = 1 \text{ minuto ciclo de tiempo} \\
 \hline
 3 \text{ minutos ciclo de tiempo}
 \end{array}$$

Después divide por el Takt time, El cociente será el numero de Trabajadores necesarios para alcanzar la demanda del cliente

$$\frac{3 \text{ minutos ciclo de tiempo}}{3 \text{ minutos de tiempo Takt}} = 1 \text{ trabajador necesario, o}$$

$$\frac{3 \text{ minutos ciclo de tiempo}}{1 \text{ minuto de tiempo Takt}} = 3 \text{ trabajadores necesarios}$$

Cuando el tiempo Takt son 3 minutos, entonces 1 trabajador puede hacer todas las tres tareas. De cualquier forma, si el tiempo Takt disminuye a un minuto, tres trabajadores serán necesarios para las mismas tareas.

### Secuencia del trabajo

La secuencia del trabajo define paso por paso la orden en cual cada operación de proceso o ensamble es realizada. Esto debe definir claramente y detalladamente cada elemento de trabajo del operador para que la descripción tenga sentido para nuevos operadores. La acción de la secuencia de trabajo son descritas en términos concretos y todo lo medido es definido en términos cuantitativos. Definir cada proceso tan precisamente ayuda a los jefes de grupo y operadores a identificar y evitar Muda.

### Almacenamiento en proceso estándar

El almacenamiento en proceso estándar especifica los números de parte los cuales deben estar en proceso en cualquier tiempo. Esto es el mínimo numero de componentes y materiales requeridos para una producción continua. Por ejemplo, si una maquina tiene un ciclo automático y produce una parte a la vez, este requiere una pieza de trabajo en proceso para cargar tan pronto como la pieza actual esta completa.

### Hojas de trabajo

El trabajo estandarizado y otra información de estaciones de trabajos relevantes son documentadas regularmente en dos hojas de trabajo de operación estándar:

Tablas combinadas de trabajo estandarizado

Gráficas de trabajo estandarizado

De hecho, el trabajo no es considerado estándar hasta que toda la información necesaria sea recolectada. Todas las hojas de trabajo para un proceso deben ser completadas, puesta en la estación de trabajo y comparada. De ese modo, los trabajadores y jefes de grupo pueden mirar y ver si el trabajo estandarizado es seguido. A veces otras hojas de trabajo, las hojas de capacidad de producción son también usadas.

Ver ejemplo anexo en la sección de apéndices.

## 4.1 POKA-YOKE

### INTRODUCCIÓN

Poka-yoke es una técnica de calidad desarrollada por el ingeniero japonés Shigeo Shingo en los años 1960's, que significa "a prueba de errores". La idea principal es la de crear un proceso donde los errores sean imposibles de realizar.

La finalidad del Poka-yoke es la eliminar los defectos en un producto ya sea previniendo o corrigiendo los errores que se presenten lo antes posible.

Shigeo Shingo era un especialista en procesos de control estadísticos en los años 1950's, pero se desilusionó cuando se dio cuenta de que así nunca podría reducir hasta cero los defectos en su proceso. El muestreo estadístico implica que algunos productos no sean revisados, con lo que un cierto porcentaje de error siempre va a llegar al consumidor final.

Un dispositivo Poka-yoke es cualquier mecanismo que ayuda a prevenir los errores antes de que sucedan, o los hace que sean muy obvios para que el trabajador se de cuenta y lo corrija a tiempo.

El sistema Poka-yoke, o libre de errores, son los métodos para prevenir errores humanos que se convierten en defectos del producto final.

El concepto es simple: si los errores no se permite que se presenten en la línea de producción, entonces la calidad será alta y el retrabajo poco. Esto aumenta la satisfacción del cliente y disminuye los costos al mismo tiempo. El resultado, es de alto valor para el cliente. No solamente es el simple concepto, pero normalmente las herramientas y/o dispositivos son también simples.

Los sistemas Poka-yoke implican el llevar a cabo el 100% de inspección, así como, retroalimentación y acción inmediata cuando los defectos o errores ocurren. Este enfoque resuelve los problemas de la vieja creencia que el 100% de la inspección toma mucho tiempo y trabajo, por lo que tiene un costo muy alto.

La práctica del sistema Poka-yoke se realiza más frecuentemente en la comunidad manufacturera para enriquecer la calidad de sus productos previniendo errores en la línea de producción.



## FUNCIONES DEL SISTEMA POKA-YOKE

Un sistema Poka-Yoke posee dos funciones: una es la de hacer la inspección del 100% de las partes producidas, y la segunda es si ocurren anomalías puede dar retroalimentación y acción correctiva. Los efectos del método Poka-Yoke en reducir defectos va a depender en el tipo de inspección que se este llevando a cabo, ya sea: en el inicio de la línea, auto-chequeo, o chequeo continuo.

Los efectos de un sistema poka-yoke en la reducción de defectos varían dependiendo del tipo de inspección.

### TIPOS DE INSPECCIÓN

Para tener éxito en la reducción de defectos dentro de las actividades de producción, debemos entender que los defectos son generados por el trabajo, y que toda inspección puede descubrir los defectos.

Inspección de criterio

Inspección informativa

Inspección en la fuente

Inspección de criterio

Error \_\_\_\_\_ Defecto \_\_\_\_\_

Inspección para separar lo bueno de lo malo

Comparado con el estándar

Muestreo o 100%, cualquiera de los dos.

Paradigmas existentes

Los errores son inevitables.

La inspección mejora la calidad

La inspección de criterio o juicio es usada principalmente para descubrir defectos.

Los productos son comparados normalmente contra un estándar y los artículos defectuosos son descartados.

El muestreo también puede ser usado, usualmente cuando una inspección de 100% es muy costosa.

La principal suposición acerca de la inspección de criterio es que los defectos son inevitables y que inspecciones rigurosas son requeridas para reducir los defectos.

Este enfoque, sin embargo, no elimina la causa o defecto.

Inspección Informativa

Inspección para obtener datos y tomar acciones correctivas

Usado típicamente como:

Auto inspección.

Inspección subsecuente.

Auto-Inspección.

La persona que realiza el trabajo verifica la salida y toma una acción correctiva inmediata.

Algunas ventajas son:

Rápida retroalimentación

Usualmente inspección al 100%

Más aceptable que crítica exterior

La desventaja es que la auto-inspección es más subjetiva que la inspección del operador subsecuente.

Dibujo

Empleado A, opera\_\_\_\_\_ Empleado B, inspecciona y opera\_\_\_\_\_

Empleado C, inspecciona y opera... D

Inspección subsecuente

Inspección de arriba hacia abajo y resultados de retroalimentación.

Algunas ventajas son:

Mejor que la auto inspección para encontrar defectos a simple vista.

Promueve el trabajo en equipo

Algunas de las desventajas son:

Mayor demora antes de descubrir el defecto.

El descubrimiento es removido de la causa raíz.

Inspección en la fuente (Source Inspection)

**CAUSA DISPOSITIVO RESULTADO**

Error Dispositivo a prueba de errores Cero Defectos

Utilizada en la etapa del error

Se enfoca en prevenir que el error se convierta en defecto

La inspección en la fuente es utilizada para prevenir defectos, para su posterior eliminación.

Este tipo de inspección esta basada en el descubrimiento de errores y condiciones que aumentan los defectos.

Se toma acción en la etapa de error para prevenir que los errores se conviertan en defectos, no como resultado de la retroalimentación en la etapa de defecto.

Si no es posible prevenir el error, entonces al menos se debe querer detectarlo.

Poder del sistema a prueba de errores

Un sistema a prueba de errores involucra retroalimentación inmediata y toma de acción tan pronta como el error o defecto ocurre.

Involucra inspección al 100% e incorpora las funciones de una lista de verificación.

Integra la inspección al proceso.

El objetivo es recortar el ciclo enfocándose en la causa del error y desarrollando dispositivos que prevengan errores o al menos que detenga la ocurrencia de un error.

Normalmente el ciclo grande es en semanas, meses o incluso años.

El ciclo a prueba de error es comúnmente encontrado en segundos o fracciones de segundo.

La diferencia en el tiempo ilustra el poder del sistema a prueba de error.

## DEFECTOS VS. ERRORES

El primer paso para lograr cero defectos es distinguir entre errores y defectos.

"DEFECTOS Y ERRORES NO SON LA MISMA COSA"

DEFECTOS son resultados.

ERRORES son las causas de los resultados

ERROR: Acto mediante el cual, debido a la falta de conocimiento, deficiencia o accidente, nos desviamos o fracasamos en alcanzar lo que se debería se hacer. Un enfoque para atacar problemas de producción es analizar los defectos, primero identificándolos y clasificándolos en categorías, del más al menos importante.

Lo siguiente sería intentar determinar las causas de los errores que producen los defectos. Para esto se puede utilizar el diagrama CEDAC, el cual puede también obtener la causa raíz.

El paso final es diseñar e implementar un dispositivo a prueba de errores o de detección de errores

### CONDICIÓN PROPENSA AL ERROR

Una condición propensa al error es aquella condición en el producto o proceso que contribuye a, o permite la ocurrencia de errores. Ejemplos típicos de condiciones propensas al error son:

Ajustes

Carencia de Especificaciones adecuadas

Complejidad

Programación esporádica

Procedimientos estándar de operación inadecuados

Simetría/Asimetría

Muy rápido/Muy lento

Medio ambiente

Tipos de errores causados por el factor humano en las operaciones

1. Olvidar. El olvido del individuo.

2. Mal entendimiento. Un entendimiento incorrecto/inadecuado.

3. Identificación. Falta identificación o es inadecuada la que existe.

4. Principiante/Novatez. Por falta de experiencia del individuo.

5. Errores a propósito por ignorar reglas o políticas. A propósito por ignorancia de reglas o políticas.

6. Desapercibido. Por descuido pasa por desapercibida alguna situación

7. Lentitud. Por lentitud del individuo o algo relacionado con la operación o sistema.

8. Falta de estándares. Falta de documentación en procedimientos o estándares de operación(es) o sistema.

9. Sorpresas. Por falta de análisis de todas las posibles situaciones que pueden suceder y se de la sorpresa.

10. Intencionales. Por falta de conocimiento, capacitación y/o integración del individuo con la operación o sistema se dan causas intencionales.

## TIPOS DE SISTEMAS DE POKA-YOKE

Los sistemas Poka-Yoke van estar en un tipo de categoría reguladora de funciones dependiendo de su propósito, su función, o de acuerdo a las técnicas que se utilicen. Estas funciones reguladoras son con el propósito de poder tomar acciones correctivas dependiendo del tipo de error que se cometa.

Funciones reguladoras Poka-yoke

Existen dos funciones reguladoras para desarrollar sistemas Poka-Yoke:

- \* Métodos de control

- \* Métodos de advertencia

Métodos de Control

Existen métodos que cuando ocurren anomalías apagan las máquinas o bloquean los sistemas de operación previniendo que siga ocurriendo el mismo defecto. Estos tipos de métodos tienen una función reguladora mucho más fuerte, que los de tipo preventivo, y por lo tanto este tipo de sistemas de control ayudan a maximizar la eficiencia para alcanzar cero defectos.

No en todos los casos que se utilizan métodos de control es necesario apagar la máquina completamente, por ejemplo cuando son defectos aislados (no en serie) que se pueden corregir después, no es necesario apagar la maquinaria completamente, se puede diseñar un mecanismo que permita "marcar" la pieza defectuosa, para su fácil localización; y después corregirla, evitando así tener que detener por completo la máquina y continuar con el proceso.

Métodos de Advertencia

Este tipo de método advierte al trabajador de las anomalías ocurridas, llamando su atención, mediante la activación de una luz o sonido. Si el trabajador no se da cuenta de la señal de advertencia, los defectos seguirán ocurriendo, por lo que este tipo de método tiene una función reguladora menos poderosa que la de métodos de control.

En los casos donde una luz advierte al trabajador; una luz parpadeante puede atraer con mayor facilidad la atención del trabajador que una luz fija. Este método es efectivo solo si el trabajador se da cuenta, por lo que en ocasiones es necesario colocar la luz en otro sitio, hacerla más intensa, cambiar el color, etc. Por otro lado el sonido puede atraer con mayor facilidad la atención de la gente, pero no es efectivo si existe demasiado ruido en el ambiente que no permita escuchar la señal, por lo que en este caso es necesario regular el volumen, tono y secuencia.

En muchas ocasiones es más efectivo el cambiar las escalas musicales o timbres, que el subir el volumen del mismo. Luces y sonido se pueden combinar uno con el otro para obtener un buen método de advertencia.

En cualquier situación los métodos de control son por mucho más efectivos que los métodos de advertencia, por lo que los de tipo control deben usarse tanto como sean posibles. El uso de métodos de advertencia se debe considerar cuando el impacto de las anomalías sea mínimo, o cuando factores técnicos y/o económicos hagan la implantación de un método de control una tarea extremadamente difícil.

## Clasificación de los métodos Poka-yoke

1. Métodos de contacto. Son métodos donde un dispositivo sensitivo detecta las anomalías en el acabado o las dimensiones de la pieza, donde puede o no haber contacto entre el dispositivo y el producto.
2. Método de valor fijo. Con este método, las anomalías son detectadas por medio de la inspección de un número específico de movimientos, en casos donde las operaciones deben de repetirse un número predeterminado de veces.
3. Método del paso-movimiento. Estos son métodos en el cual las anomalías son detectadas inspeccionando los errores en movimientos estándares donde las operaciones son realizadas con movimientos predeterminados. Este extremadamente efectivo método tiene un amplio rango de aplicación, y la posibilidad de su uso debe de considerarse siempre que se este planeando la implementación de un dispositivo Poka-Yoke.

## MEDIDORES UTILIZADOS EN SISTEMAS POKA-YOKE

Los tipos de medidores pueden dividirse en tres grupos:

- \* Medidores de contacto
- \* Medidores sin-contacto
- \* Medidores de presión, temperatura, corriente eléctrica, vibración, número de ciclos, conteo, y transmisión de información.

### Medidores de contacto

Interruptor en límites, microinterruptores. Estos verifican la presencia y posición de objetos y detectan herramientas rotas, etc. Algunos de los interruptores de límites están equipados con luces para su fácil uso.

Interruptores de tacto. Se activan al detectar una luz en su antena receptora, este tipo de interruptores pueden detectar la presencia de objetos, posición, dimensiones, etc., con una alta sensibilidad.

Transformador diferencial. Cuando se pone en contacto con un objeto, un transformador diferencial capta los cambios en los ángulos de contacto, así como las diferentes líneas en fuerzas magnéticas, esto es de gran ayuda para objetos con un alto grado de precisión.

Trimetron. Un calibrador digital es lo que forma el cuerpo de un "trimetron", los valores de los límites de una pieza pueden ser fácilmente detectados, así como su posición real. Este es un dispositivo muy conveniente ya que los límites son seleccionados electrónicamente, permitiendo al dispositivo detectar las medidas que son aceptadas, y las piezas que no cumplen, son rechazadas.

Relevador de niveles líquidos. Este dispositivo puede detectar niveles de líquidos usando flotadores.

### Medidores sin-contacto

Sensores de proximidad. Estos sistemas responden al cambio en distancias desde objetos y los cambios en las líneas de fuerza magnética. Por esta razón deben de usarse en objetos que sean susceptibles al magnetismo.

Interruptores fotoeléctricos (transmisores y reflectores). Interruptores fotoeléctricos incluyen el tipo transmisor, en el que un rayo transmitido entre dos interruptores fotoeléctricos es interrumpido, y el tipo reflector, que usa el reflejo de las luces de los rayos. Los interruptores fotoeléctricos son comúnmente

usado para piezas no ferrosas, y los de tipo reflector son muy convenientes para distinguir diferencias entre colores. Pueden también detectar algunas áreas por la diferencias entre su color.

Sensores de luces (transmisores y reflectores). Este tipo de sistemas detectores hacen uso de un rayo de electrones. Los sensores de luces pueden ser reflectores o de tipo transmisor.

Sensores de fibras. Estos son sensores que utilizan fibras ópticas.

Sensores de áreas. La mayoría de los sensores detectan solo interrupciones en líneas, pero los sensores de áreas pueden detectar aleatoriamente interrupciones en alguna área.

Sensores de posición. Son un tipo de sensores que detectan la posición de la pieza.

Sensores de dimensión. Son sensores que detectan si las dimensiones de la pieza o producto son las correctas.

Sensores de desplazamiento. Estos son sensores que detectan deformaciones, grosor y niveles de altura.

Sensores de metales. Estos sensores pueden detectar cuando los productos pasan o no pasan por un lugar, también pueden detectar la presencia de metal mezclado con material sobrante.

Sensor de colores. Estos sensores pueden detectar marcas de colores, o diferencias entre colores. A diferencia de los interruptores fotoeléctricos estos no necesariamente tienen que ser utilizados en piezas no ferrosas.

Sensores de vibración. Pueden detectar cuando un artículo esta pasando, la posición de áreas y cables dañados.

Sensor de piezas dobles. Estos son sensores que pueden detectar dos productos que son pasados al mismo tiempo.

Sensores de roscas. Son sensores que pueden detectar maquinados de roscas incompletas.

Fluido de elementos. Estos dispositivos detectan cambios en corrientes de aire ocasionados por la colocación o desplazamiento de objetos, también pueden detectar brocas rotas o dañadas.

Medidores de presión, temperatura, corriente eléctrica, vibración, número de ciclos, conteo, y transmisión de información.

Detector de cambios de presión. El uso de calibradores de presión o interruptores sensitivos de presión, permite detectar la fuga de aceite de alguna manguera.

Detector de cambios de temperatura. Los cambios de temperatura pueden ser detectados por medio de termómetros, termostatos, coples térmicos, etc. Estos sistemas pueden ser utilizados para detectar la temperatura de una superficie, partes electrónicas y motores, para lograr un mantenimiento adecuado de la maquinaria, y para todo tipo de medición y control de temperatura en el ambiente industrial.

Detectores de fluctuaciones en la corriente eléctrica. Relevadores métricos son muy convenientes por ser capaces de controlar las causas de los defectos por medio de la detección de corrientes eléctricas.

Detectores de vibraciones anormales. Miden las vibraciones anormales de una maquinaria que pueden ocasionar defectos, es muy conveniente el uso de este tipo de detectores de vibración.

Detectores de conteos anormal. Para este propósito se deben de usar contadores, ya sean con relevadores o con fibras como sensores.

Detectores de tiempo y cronometrajes. Cronómetros, relevadores de tiempo, unidades cronometradas, e interruptores de tiempo pueden usarse para este propósito.

Medidores de anomalías en la transmisión de información. Puede usarse luz o sonido, en algunas áreas es mejor un sonido ya que capta más rápidamente la atención del trabajador ya que si este no ve la luz de advertencia, los errores van a seguir ocurriendo. El uso de colores mejora de alguna manera la capacidad de llamar la atención que la luz simple, pero una luz parpadeante es mucho mejor.

Algunas de las compañías que se dedican a la fabricación de este tipo de dispositivos son:

Citizen Watch Co., Ltd.

Gomi Denki Keiki, Ltd.

Lead Electric, Ltd.

Matsushita Electric Works, Ltd.

Omron Tateishi Electronics Co., Ltd.

SUNX, Ltd.

Toyota Auto Body, Ltd.

Yaskawa Electric Mfg Co., Ltd.

Se puede observar que conforme la aplicación se torna más tecnológica, el costo también se incrementa. Lo que se necesita hacer es encontrar la solución al problema, no justificar la compra de un dispositivo muy costoso.

## SERVICIO LIBRE DE ERRORES

Los sistemas Poka-yoke, también se pueden aplicar a los servicios. Acciones del sistema, el servidor y el cliente pueden estar libres de errores.

De acuerdo a la teoría del control total de calidad, que se practica en la manufactura, los dispositivos a prueba de errores se localizan en el transcurso de las diferentes actividades. Pero en los servicios, los dispositivos a prueba de errores son una decisión sobre el diseño del producto. Esto es que deben de ser incluidos al frente, al principio de cualquier actividad de calidad.

Los administradores necesitan pensar en acciones específicas para llevar a cabo el primer principio de calidad: hacerlo bien a la primera vez.

Diseñar poka-yokes es parte de arte y parte ciencia.

## ALGUNOS EJEMPLOS Y APLICACIONES

Entrenamiento para la prevención de errores.

TRW Vehicle Safety System Inc. está produciendo sistemas de bolsas de aire con una tasa creciente sin disminución de su calidad o su productividad.

Para el éxito de la producción de bolsas de aire de TRW es fundamental el entrenamiento para la prevención de errores, que es enseñado por la Universidad de Restricciones de la compañía. Todos los empleados participan

en los cursos impartidos por la Universidad de Restricciones de acuerdo a su desarrollo y entrenamiento, pero la prevención de errores es obligatoria para todos los ingenieros de manufactura.

El concepto se basa en lo escrito por Shigeo Shingo, que enfatiza en el poka-yoke, que es el sistema japonés para la prevención de errores.

La TRW quiere adoptar el sistema de prevención de errores para toda la compañía para lograr así obtener el producto de excelente calidad y lograr sus entregas a tiempo.

Ejemplos de dispositivos a prueba de errores:

1. Los discos de 3.5 plg. no pueden ser insertados al revés gracias a que no son cuadrados y esto no permite su entrada. Al ser insertados al revés, la esquina empuja un dispositivo en el la computadora que no permite que el disco entre, lo que evita que este sea colocado incorrectamente.
2. Algunos archiveros podían caerse cuando se abrían 2 o más cajones al mismo tiempo, esto se corrigió colocando un candado que solamente permite abrir un cajón a la vez.
3. A el área de llenado de gasolina se le adaptaron algunos dispositivos a prueba de errores como lo son el tamaño menor del tubo para evitar que se introduzca la pistola de gasolina con plomo; se le puso un tope al tapón para evitar que se cierre demasiado apretado y un dispositivo que hace que el carro no se pueda poner en marcha si el tapón de la gasolina no esta puesto.
4. A los automóviles con transmisión automática se les colocó un dispositivo para que no se pueda retirar la llave a menos que el carro esté en posición de Parking. Además no permite que el conductor cambie de posición la palanca de velocidades, si la llave no esta en encendido.
5. Las luces de advertencia como puerta abierta, fluido de parabrisas, cajuela, etc. se colocaron para advertir al conductor de posibles problemas.
6. Los seguros eléctricos de las puertas tienen 3 dispositivos: Asegurar que ninguna puerta se quede sin seguro; Asegurar las puertas automáticamente cuando el carro excede de 18 millas/hora. El seguro no opera cuando la puerta está abierta y el motor encendido.
7. El sistema de frenos antibloqueo (ABS) compensa a los conductores que ponen todo el peso del pie en el freno. Lo que antes era considerado como un error de manejo ahora es el procedimiento adecuado de frenado.
8. Las nuevas podadoras requieren de una barra de seguridad en la manivela que debe de ser jalada para encender el motor, si se suelta la barra la navaja de la podadora se detiene en 3 segundos o menos. Esta es una adaptación del "dead man switch" de las locomotoras.
9. Los interruptores de los circuitos eléctricos que previenen incendios al cortar la corriente eléctrica cuando existe una sobrecarga.
10. Los lavamanos cuentan con un orificio cerca del borde superior que previene el derramamiento del agua fuera del lavamanos.
11. Algunas planchas se apagan automáticamente cuando no son utilizadas por unos minutos, o cuando son colocadas en su base sin haber sido apagadas antes.
12. Las ventanas en los sobres previenen que el contenido de una carta sea insertado en un sobre con otra dirección.



13. Las secadoras y lavadoras de ropa se detienen automáticamente al abrir la puerta.
14. Los apagadores de luz en los baños de los niños se encienden automáticamente. Cuando el baño ha sido desocupado por algunos minutos la luz se apaga automáticamente. Esto elimina el error de olvidar apagar la luz.
15. La secadora de cabello montada sobre la pared cuenta con dos botones en ambos lados del switch. La montura en la pared cuenta con dos extensiones que al ser montada en su base la secadora se apaga automáticamente si el usuario no lo hace.
16. Los estacionamientos techados presentan advertencias de la altura al entrar, para asegurar que el carro que entra al estacionamiento sea de la altura apropiada estos señalamientos cuentan con una lámina que al ser golpeada por el carro se mueve para evitar que este se dañe lo que ocurriría al pegar con el carro la orilla de concreto.
17. Algunos lavamanos y mingitorios cuentan con un sensor de luz. Estos sensores de luz aseguran que el correr del agua se detenga cuando no están en uso.
18. En la biblioteca de la Universidad Metodista del Sur (SMU) ha sido instalado un sistema de estantes movibles para incrementar la utilización de espacio. Estos estantes cuentan con sensores instalados en el piso para evitar que los estantes se muevan mientras alguien esta parado entre ellos.
19. Un batiscafo es un submarino de aguas profundas utilizado para explorar las partes mas profundas del océano. Esta diseñado para funcionar eléctricamente. Una vez sumergido si la batería o el sistema eléctrico fallara la mejor opción seria regresar a la superficie. Los diseñadores lograron que esto ocurriera deteniendo el contrapeso con fuerza electromagnética. Cuando la energía se pierde, el contrapeso se suelta automáticamente y el submarino empieza su ascenso.

Poka-Yoke, tu camino al éxito.

En 1995, AT&T Power System se convirtió en la segunda empresa norteamericana en obtener el Premio Deming, que es entregado por la Unión de Científicos e Ingenieros Japoneses a la compañía con el mejor sistema de control total de calidad.

El ganador debe ser competitivo a nivel mundial y enfocarse a las necesidades actuales y futuras del cliente.

Ver ejemplos anexo en Sección de apéndices

## 4.2 Cambios Rápidos.

### Cambio Rápido (Quick Changeover)

El cambio rápido es un método rápido y eficaz para cambiar herramientas en las máquinas. También se conoce como SMED (Single Minute Exchange of Die) cambio de herramienta en menos de un minuto. Con el cambio rápido se pretende que las máquinas no dejen de estar operativas (o lo estén el menor tiempo posible) por la necesidad de cambiar una herramienta.

El concepto de Cambio Rápido es que las máquinas se paren y arranquen de la manera más eficiente posible, minimizando las operaciones que no agreguen valor y reduciendo el tiempo a la mínima expresión. En un caso ideal, se debería cambiar la herramienta al pulsar un simple botón y en menos de un minuto.

Piense en la parada de los autos de fórmula 1, en lo increíblemente rápido que cambian los neumáticos y llenan el depósito. Esto es Cambio Rápido! Muchas empresas han reducido los tiempos de cambio de horas a minutos.

Aplicar Cambio Rápido nos ayudara a reducir inventario y reducir los tiempos de entrega "Lead times" para satisfacer las entregas del cliente.

Existen 3 tipos de desperdicios comunes en los cambios.

Desperdicio en la instalación.

Desperdicio en el remplazo.

Desperdicio en el ajuste.

Desperdicio en la instalación.

Uno de los desperdicios mas comunes a eliminar durante la instalación es la búsqueda, a continuación se mencionan algunas de las actividades de esta etapa.

Buscar, encontrar, alinear y transportar herramientas de cambio;

Encontrar dados, tuercas y rondanas, medidores, herramientas de inspección, tarimas, contenedores de producto y transportación

Checar dibujos técnicos o especificaciones de manufactura, y notas personales y valores de medidores.

Esta lista puede seguir. En la instalación "Set up" ocurren actividades como buscar, encontrar, seleccionar, y arreglar movimientos que no agregan ningún valor al producto. Para eliminar este desperdicio, todo lo que necesites para el cambio debe estar organizado y en su lugar. Un carrito para cambio es ideal

para esta función. Además, seguir una lista de chequeo y asegurarse que todos involucren los mismos términos para describir artículos requeridos durante cambios.

## Desperdicio en el reemplazo.

Los movimientos en exceso son un desperdicio. Aunque en los cambios se incluyen movimientos para remover y agregar dados, muchas de estas operaciones son mas de lo necesario.

Algunos movimientos innecesarios son el remover, y después volver a poner tornillos, e insertar y remover tuercas y rondanas, y además agregar o quitar:

Frenos, blocs, protectores, y espaciadores;  
Deslizadores y mangueras de aire; y  
Sacar conveyors, contadores y dados

El exceso de movimientos al aflojar, remover, reemplazar, y apretar no agrega nada al valor del producto.

Para reducir el desperdicio, simplemente se puede aflojar un tornillo o cualquier otra herramienta relacionada y después apretarla en vez de quitarla. De esta forma no necesitas aflojar el tornillo hasta que salga, después poner el tornillo abajo, y después encontrarlo, reemplazarlo y apretarlo.

Cuando sea posible, mantenga el tornillo en el orificio. Si no, encuentre una manera de mantenerlo pegado al dado. Si esto no puede ser realizado, encuentre una manera de cambiar las herramientas, como reemplazarla por una mejor herramienta o cortar o limar para reducir él numero de movimientos requeridos.

En los talleres de trabajo típico, la lista de herramientas, fixtures y otros artículos usados para los reemplazo de dados pueden incluir:

Pinzas	Grasa	Medidores
Rondanas	Muestras	Bandas
Frenos	Dibujos	Convertidores
Deslizadores	Tornillos	Especificaciones de
proceso		
Materiales	Tuercas	Protecciones
Tarimas	Blocks	Herramientas de insp.
Equipo de repuesto	Varias herramientas	

Cuando son tantos los artículos necesarios, es fácil olvidar algo. Para eso se recomienda diseñar un carrito especial con superficie plana para cargar todos los artículos requeridos en ubicaciones bien definidas.

#### Desperdicio en el Ajuste.

Los ajustes son requeridos en los cambios que no llenan los estándares y especificaciones. Muy a menudo, los ajustes son dejados a discreción de los operadores. Cuando los ajustes no son precisos, los problemas surgen durante la corrida de prueba. Después se deben realizar ajustes hasta que la prueba obtenga productos no-defectuosos. Típicamente los ajustes incluyen:

Cerrar altura;  
Posición de dado  
Atornillar altura  
Alimentación de rodillos; y  
Altura de deslizador

Ninguno de estos ajustes agrega valor al producto. Pueden ser llamados desperdicios de ajustes no acertados.

#### Eliminación de desperdicios.

Aquí tenemos 8 puntos de importancia para reducir los tiempos en los cambios.

Asegurarse que todo lo necesario para ajuste esta a la mano y organizado.  
Mueve tus brazos, no tus piernas  
Aflojar, pero no remover tornillos.  
Tratar de eliminar tornillos.  
No desviarse de los estándares de dados y Jigs.  
Minimizar ajuste de dados  
Usar medidor de blocks para todos los ajustes, en vez de usar escalas visuales.  
Encontrar maneras de llevar acabo el cambio sin parar la prensa.

1.- Asegurarse que todo lo necesario este organizado y a la mano.

La meta de este paso es la de eliminar el desperdicio en las operaciones de ajuste y limpieza. Los artículos bien organizados reducen el tiempo requerido durante los cambios. Aquí tenemos algunas formas de eliminar el desperdicio.

Reducir el tiempo de buscar, encontrar, seleccionar, y transportar artículos.  
Diseñar, construir y usar carritos de cambio especializados.

Establecer lugares apropiados y definidos para dados y Jigs y otros materiales o herramientas. Asignar direcciones a dados.

Código de colores y artículos acomodados en el carrito de acuerdo a la frecuencia o por el proceso del cambio.

1.- Asegurar que todo lo que necesites este a la mano y organizado (continua)

Crear una lista y establecer terminología estándar.

Desarrollar un Kanban para el cambio

Borrador (gráfica) de operaciones estándar.

Lista de chequeo

Dado	1	¿Está el dado en el lugar correcto?
	2	¿Han sido checados todos los dados?
	3	¿Está el dado limpio?
	4	¿Está el dado dañado?
	1	¿Existen muchos micrómetros?
	2	¿Hay calipers?
	3	¿Hay medidores de tubos?
	4	¿Hay una lupa?
	5	¿Hay medidores de dial?
	6	¿Están presentes todas las herramientas de inspección?
	7	¿Hay Jig de medición
	8	¿Está todo en buen orden?
	9	¿Están las herramientas de medición ubicadas correctamente?

## 2.- Mueve tus brazos no tus piernas

Instrucciones de trabajo incorrectas para los cambios causan que el operador pierda mucho tiempo caminando alrededor. Esto está relacionado con los tipos de ajustes comunes descritos con anterioridad. No pierdas tiempo caminando y buscando los materiales que necesitas para realizar tu trabajo. Cuando sea posible, ten todo lo que necesite al alcance de tus brazos.

En una gráfica de trabajo estandarizado que tenga que ver con la condición de dados antes de cambios, cuenta todo el tiempo perdido al caminar alrededor. Al dibujar una ruta para caminar o usando una gráfica de trabajo estandarizado te ayudara a reconocer esta forma de desperdicio.

También eliminar el tiempo de caminar para usar un panel de control central. Cuando los controles son ubicados cerca, no es necesario que los trabajadores regresen al panel de control central.

Manera de eliminar el desperdicio.

Usar instrucciones de cambios especializadas.

Establecer un procedimiento de cambio de 2 personas.

Entrenar a un operador de cambios a trabajar con un operador regular.

Dibujar una instrucción de la ruta para caminar similar a la instrucción de trabajo estandarizado.

Aflojar, pero no quitar tornillos.

La fuerza de apretar de un tornillo es solamente en su vuelta final. Una manera de eliminar este desperdicio es a través del uso de orificios que den forma de pareja y rondanas en forma "U" con tornillos (hex), otra solución es una herramienta independiente para apretar, que es una simple herramienta de carga que puede ser usada cuando los niveles para apretar tornillos han sido estandarizados

## 4.- Tratar de eliminar tornillos

La función de los tornillos de apretar o ubicar posiciones de artículos. De cualquier forma, cuando sea posible, trata de encontrar alternativas que reemplacen los tornillos porque el apretar tornillos pierde mucho tiempo. Siempre que se reemplaza un tornillo o cualquier otra herramienta para atornillar, intenta mecanizar una herramienta de remplazo. Si la función de atornillado es necesitada, trata de usar niveladores, cams, mecanismos hidráulicos o neumáticos. Para posesionar, reemplazar tornillos con pins, y mecanismos de índice.

Algunas maneras de eliminar el desperdicio incluyen:

Tuercas de ala

Orificios con forma de pareja y rondanas en forma de "U" con tornillos (Hex)  
Herramientas de atornillado independiente  
Grovees en forma "U" y rondanas  
"Ratchet" "crenches". Tornillos con cabeza "T", y atornilladores eléctricos.  
Atornilladores de nivel y cam; mecanismos auto-cham; o Jigs de remplazo tipo casete, remplazar solamente la sección de cavidad del dado;  
Menos puntos de atornillamiento; y  
Un máximo de 3 vueltas para todos los tornillos

#### 5.- No desviar estándares de dado y Jig

Existen 4 estándares de dado y Jig durante el proceso de cambio de prensa:

- 1.-Estandares centrales (ejes X y Y): Dados centrales en medio del bolster;  
Estándares de altura de dado (Eje Z): La altura del dado debe ser ajustada como es especificado de acuerdo al cierre de la prensa;
- 2.-Estandares de ubicación de herramientas para atornillar (altura); y
- 3.-Estandares en alinear los sitios inferiores y superiores, especialmente el alineamiento de bordes de "ponche-corte",  
Usar blocks-V y pins para fácilmente localizar dados.

Algunos equipo secundarios imponen estándares mas numerosos y difíciles que los dados y prensas. Por ejemplo, Considerar los siguientes tipos de estándares:

Estándares de máquinas (la flecha central en una máquina de taladro)  
Herramientas para atornillar y jigs estándares  
Estándares de navajas (taladrar puntos-bit)  
Estándares de piezas de trabajo (centrado de materiales)

Cuando no se alcanza un estándar completamente, todos los demás son afectados y se pierde mucho tiempo haciendo ajustes. Cuando todos los estándares son alcanzados, no necesitas alinear los dados inferior y superior por separado.

Maneras de eliminar los desperdicios

Analizar el uso de frecuencia de dado.  
Estandarizar la altura de apretado y el centro del dado para los dados mas comúnmente usado (Grupo A) solamente (este paso es una prioridad EPS), y

Poner un valor de arreglo para la altura de un rodillo de altura, y estandarizar mecanismos necesarios para agregar deslizadores a dados, para alturas de clientes, y para alcanzar otros requerimientos.

#### 6.- Minimizar los ajustes de dados.

Los ajustes son en realidad re-trabajo para arreglar imprecisiones que no deben existir en primer lugar.

Para ajusta la altura del dado, debes localizar la parte inferior del centro de la rampa superior. Para encontrar el centro muerto inferior, lentamente bajar la rampa y localiza el punto visualmente o utiliza una escala. Una vez que hayas determinado la altura de este punto, puedes instalar blocks para bajar la rampa.

Idealmente, atornillar la altura, debe ser universal. Si esto no es posible, estandarizar alturas en no más de 2 o 3 grupos.

Maneras de eliminar el desperdicio.

Poner postes guías para dados separados inferiores y superiores en dado-de-un-tiro. Cuando sea posible, hacerlo set de dado; y  
Para dados de forma "OD", crea jigs adaptadores para traerlos a dimensiones estandarizadas que no requieran ajustes.

#### 7.- Utilizar medidor de block para todos los ajustes hechos visualmente con escalas

Son usados 3 tipos principales de medidores de bloc:

Aflojar medidores  
Insertar medidores, y  
Apretar medidores.

El seleccionar un medidor esta muy lejos de ser un desperdicio que hacer un ajuste. Por ejemplo, ajustar el pitch-de-ajuste en el borde de un "Crankshaft" requiere exactitud y es mejor usada al usar un bloc medidor. Usar una marca finamente marcado no es lo suficientemente preciso.

Maneras de eliminar el desperdicio.

Eliminar la necesidad de:  
Ajustar el alimentador.  
Ajustar los mecanismos de alimentación de material.



Ajustar la posición de equipo de proceso secundario.  
Medir visualmente trabajo usando escalas, micrómetros, calipers, y medidores de dial; y  
Realizar corridas de prueba múltiple

8.- Encontrar formas de llevar a cabo los cambios sin tener que parar la prensa:

Cuando han sido llevados a cabo los primeros 7 pasos de la formula de cambio y tu planta ha alcanzado el nivel mas avanzado de alcanzar ""0"" cambios, es momento de buscar maneras para de hacer el cambio sin parar la prensa. Inicia preguntándote si el cambio por si solo puede ser eliminado.

Maneras de eliminar el desperdicio:

Integrar la prensa en la línea de producción;  
Usar una prensa rotatoria, y  
Mecanizar el proceso de remplazo de – dial

Cambios para crear lotes más pequeños

Los beneficios de reducir el tiempo de cambios de ajustes son importantes en producir lotes más pequeños. Lotes pequeños de producción son requeridos a menudo porque:

Reduce inventario y tiempo guía  
Mejora la capacidad de producción para manejar demandas más grandes, y  
Permite flexibilidad para producir otras partes. Por ejemplo, tiempo ganado al reducir tiempo de ajuste puede ser usado en producir partes de servicio y otras piezas en la cantidad necesaria en pequeños lotes.

Revisión rápida del cambio

Cambios actuales deben tomar lugar cuando una maquina esta apagada. Es por eso que la primer acción a tomar antes de hacer un cambio rápido es separa las tareas que deben ser hechas cuando la maquina esta corriendo del trabajo a realizarse mientras la maquina este apagada.

Utilizar una mini-lista de chequeo para asegurar que cada paso preliminar de cambio que puede ser hecho mientras la maquina esta encendida es realizado. Realizar cada paso de cambio externo mientras la maquina esta corriendo para que ese tiempo no sea perdido.

Cambios internos involucran pasos tales como remover o agregar dados, que no pueden ser hechos hasta que la prensa es parada. Usar una lista de chequeo mayor como la ilustrada en fig. C para asegurarse que todos los pasos de cambios sean hechos eficientemente para que las operaciones de la prensa puedan ser activadas rápidamente.

Esta lista incluye los principales 8 pasos para reducir el tiempo de cambio, y los puntos clave correspondientes.

Pasos	Puntos clave	Lista /chechar
Asegurase que todo lo necesitado para ajuste este a la mano y organizado	Existe un lugar para todo y todo debe ser puesto en su lugar	
Mueve tus brazos no tus piernas	Buena ergonomía reduce estrés físico	
Aflojar, pero no quites los tornillos	Muchas reducciones pequeñas agregan grandes valores	
Tratar de eliminar tornillos	Eliminar pasos innecesarios	
No desviarse de estándares de Jigs y dados	Estandarizar todo	
Minimizar ajustes de dados	Tamaños comunes reducen estandarizaciones	
Usar medidores bloc para todos los ajustes, en vez de escalas visuales	Metodología precisa es critica	
Encontrar maneras para llevar a cabo cambios sin para la prensa	La forma más rápida para cambiar es cambiar mientras esta trabajando	

## 5-CONCLUSIONES

Las compañías líderes en la revolución de calidad han aprendido que pueden reducir sus costos de operación así como mejorar la calidad de sus productos y servicios más rápidamente con la implementación del Sistema de Manufactura Esbelta. Después de haber revisado las herramientas y realizado un ejercicio en la práctica real (Ver Apéndice 1). Se pudo comprobar que se obtuvo un ahorro significativo de \$31,000 Dlls anuales mediante la reducción de operadores, espacio e incremento en la productividad.

## 6-Bibliografía

Kaizen: The Key To Japan's Competitive Success  
by Masaaki Imai (Hardcover - November 1, 1986)

Kanban Made Simple: Demystifying and Applying Toyota's Legendary  
Manufacturing Process (Hardcover) by John M. Gross, Kenneth R. McInnis

SHIGEO SHINGO Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka-yoke  
System Editorial The Free Press. 1987.

Administración de la Calidad Total para ingenieros Zari, Mohamed Panorama  
Editorial.1993. Bibl. UNISON

Análisis y planeación de la calidad Juran, J.M. y Gryna, F.M. Editorial McGraw  
Hill Bibl. UNISON. Fecha: Marzo.

Titulo: Continuous Quality Improvement: Why some Organizations Lack  
Commitment Autor: Dale, B. G.; Ligthburn, K. Fecha: Abril 1992

Titulo: Stamp It JIT Autor: Noaker, Paula M. Fecha: Abril 1992

## PROCESO DE MEJORA CONTINUA "KAIZEN"

Área: BREAKERS Línea: CD Fecha: SEPTIEMBRE, 2005

**Título del Kaizen:** CONTENEDORES ADECUADOS EN EL AREA DE RETRABAJO Y AREA DELINEADA PARA EL BOTE DE BASURA.


**Antes**



Participantes en el Kaizen: PERSONAL DE LA LINEA DE CD.

## Después



Area: BREAKERS	Línea: FABRICACION	Fecha: SEPTIEMBRE, 2005
Título del Kaizen: CABLES DE EXTENSION Y ACCESORIOS DE LIMPIEZA ENTRE LAS MESAS DE TRABAJO.		
<div>Antes</div> <div></div> <div>Después</div> <div></div>		
Participantes en el Kaizen: PERSONAL DE LINEA DE FABRICACION DE TUBOS DE DEMORA.		





## Ejemplo de “kanban”



- Materiales controlados
- Menos inventario en proceso





Sistema Poka-Yoke Del Area de Comerciales ( Sump - Pump).							
Metodo de Inspeccion		Metodo de Deteccion		Funcion Regulatoria		Nombre de la Compañia: Eaton Controls Reynosa.	
Inspeccion en la Fuente	↕	Metodo de Contacto	↕	Metodo de Control	↕	Propuesto por: Comerciales	
Inspeccion Informativa (Propia)		Metodo Valor Constante					
Inspeccion Informativa(Sucesiva)		Metodos Pasos Movimientos		Metodo de Aviso.	↕		
Tema: Deteccion de Contactos en terminales de la maquina ensambladora de Crank.							
Antes de Mejora:							
							
1.- En algunas ocasiones se pasaban terminales con el contacto ausente, llegando a no detectarse en ninguna operacion en el proceso.							
Despues de Mejora:							
							
Maquinado de Guías de terminales y soportes de Fibras Opticas.							
1.- Se instala Poka-Yoke para que en esta operacion la maquina se detenga cuando detecte la ausencia de alguno de los contactos , Dandonos una señal Visual.							
Efectos: Con este Poka_Yoke se evitara que la ausencia de los contactos de la terminal, no pasea la siguiente operacion, ya que si detecta alguno ausente el equipo dejara de Operar.				Costos: 300 Dolares, para la compra de 2 fibras opticas y programacion del PLC y maquinado de piezas para guiar las terminales.			

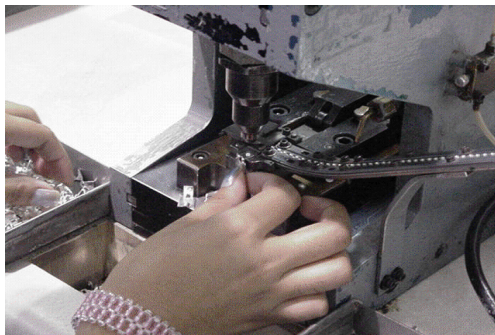


## Sistema Poka-Yoke Del Area de Comerciales ( Sump - Pump).

Metodo de Inspeccion		Metodo de Deteccion		Funcion Regulativa		Nombre de la Cia:
Inspeccion en la Fuente	⬆	Metodo de Contacto	⬆	Metodo de Control	⬆	Eaton Controls Reynosa.
Inspeccion Informativa (Propia)		Metodo Valor Constante				Propuesto por: Comerciales
Inspeccion Informativa(Sucesiva)		Metodos Pasos Movimientos		Metodo de Aviso.		

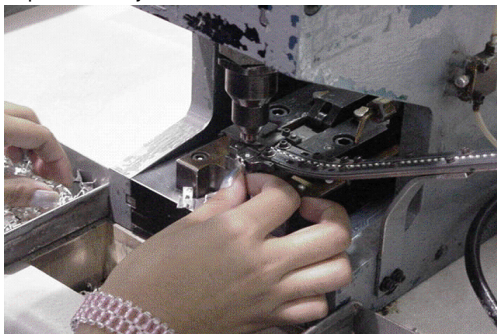
**Tema: Detección de Contactos en Terminal en la Maquina soldadora de cable.**

Antes de Mejora:

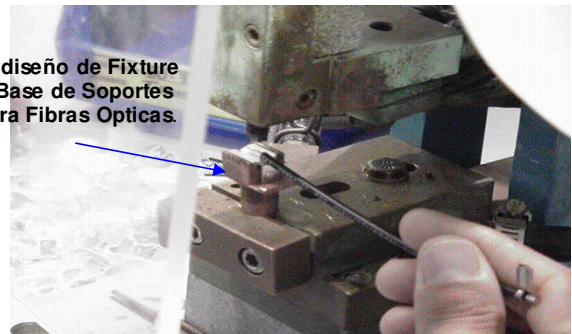


1.- En algunas ocasiones se pasaban terminales con el contacto ausente, llegando a no detectarse en ninguna Operación en el proceso.

Despues de Mejora:



**Rediseño de Fixture  
Y Base de Soportes  
para Fibras Opticas.**



1.- Se instalara Poka - Yoke Para que en la siguiente operacion se detecte la ausencia del contacto.

Efectos: Con este Poka - Yoke se evitara que la operacion de soldado del cable con la terminal no se realice si lleva ausente el contacto, eliminando asi la posibilidad de defectos por contactos ausentes.

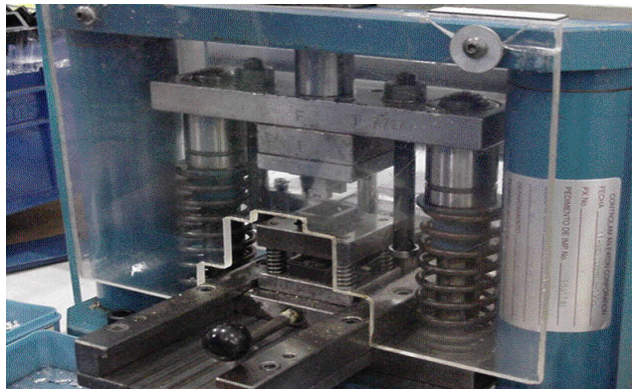
Costos: 150 Dolares, para la compra de la fibra optica y un relevador, para adaptarl mecanismo de la soldadora para que no se accione cuando detecte un contacto ausente.

## Sistema Poka-Yoke Del Area de Comerciales ( Ellite.).

Metodo de Inspeccion	Metodo de Deteccion	Funcion Regulatoria	Nombre de la Compañia: Eaton Controls Reynosa.
Inspeccion en la Fuente	Metodo de Contacto	Metodo de Control	Propuesto por: Comerciales
Inspeccion Informativa (Propia)	Metodo Valor Constante		
Inspeccion Informativa(Sucesiva)	Metodos Pasos Movimientos	Metodo de Aviso.	

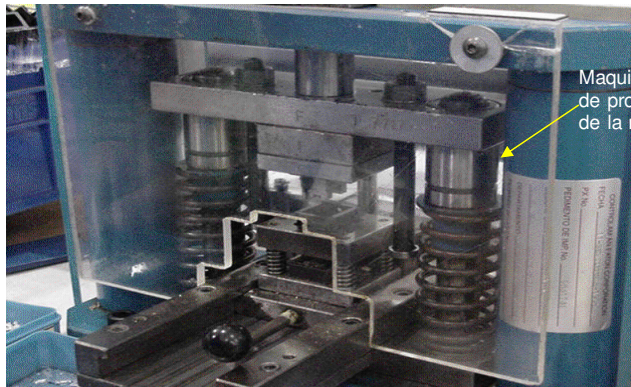
### Tema: Detección de Altura de Terminales.

Antes de Mejora:



1.- Terminales con altura fuera de especificación.

Despues de Mejora:



1.- Se Instalara Poka - Yoke Para controlar la altura de las terminales dentro de las especificaciones ya definidas.

Efectos: Con este Poka - Yoke se Controlara la altura de las Terminales dentro de las especificaciones definidas.

Costos: 150 Dolares para la compra de un sensor de presencia, instalacion y maquinado del soporte del sensor.

---

## CD LINE

### TEAM

- JOSUE GONZALEZ
- ERNESTO TONGO
- ANGEL SANCHEZ
  - Eusebia Alonso
  - Nancy carballo
  - Isabel Rievoles
- ABIMAEEL SOLIS
- MARTIN GARCIA
- BELINDA SUAREZ
- JORGE I. MIGUEL
- MIKE LEE
- MIGUEL DE SANTIAGO
- HUMBERTO MARTINEZ



**CD LINE**

Actual Process Review



**Linea CD - Mayo 3.05**



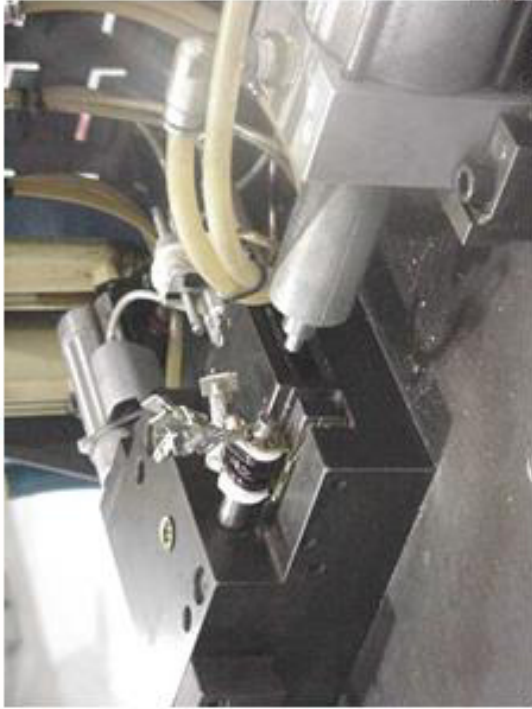
**Cutler-Hammer**







**EATON** | Cutler-Hammer



## OPERACION # 1

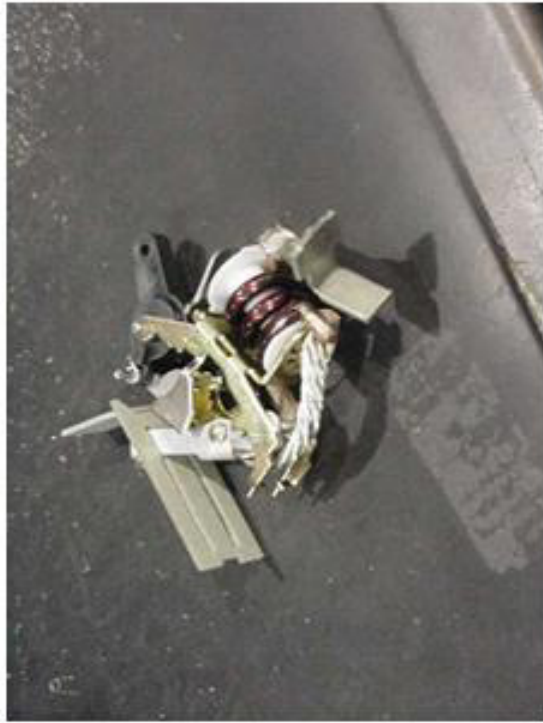
## STACKING



**EATON**

**Cutler-Hammer**





## MECANISMO

## OPERACION # 2



**Eaton** | Cutler-Hammer



## COLOCACION COVERS

## OPERACION # 3



**EATON** | Cutler-Hammer



## **OPERACION # 4**

### **PRUEBA ELECTRICA (Bottle Neck)**

**EATON** | Cutler-Hammer



## ESTAMPADO

## OPERACION # 5



**Eaton**

Cutler-Hammer





## ETIQUETADO

## OPERACION # 6



**EATON**

**Cutler-Hammer**

## OPERACION # 7



## INSPECCION VISUAL



Cutler-Hammer



## OPERACION # 8

### EMPAQUE 1

**EATON** | Cutler-Hammer



## OPERACION # 9

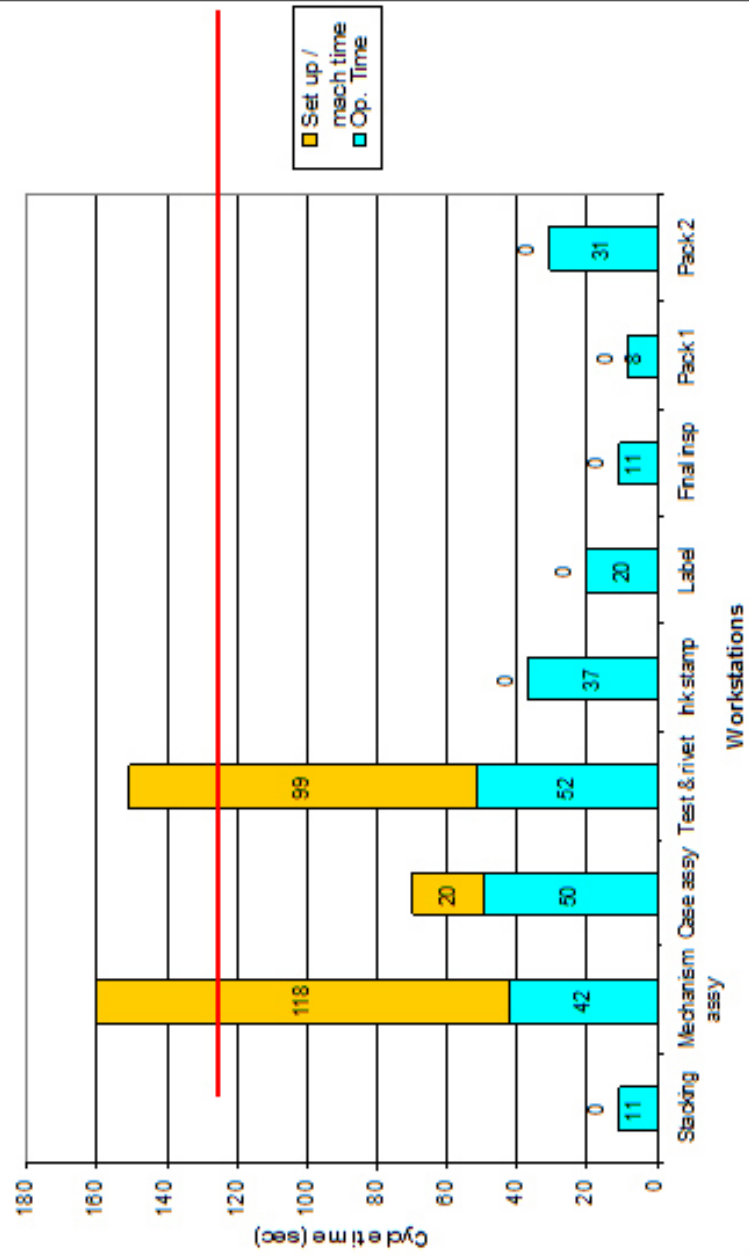
## EMPAQUE 2



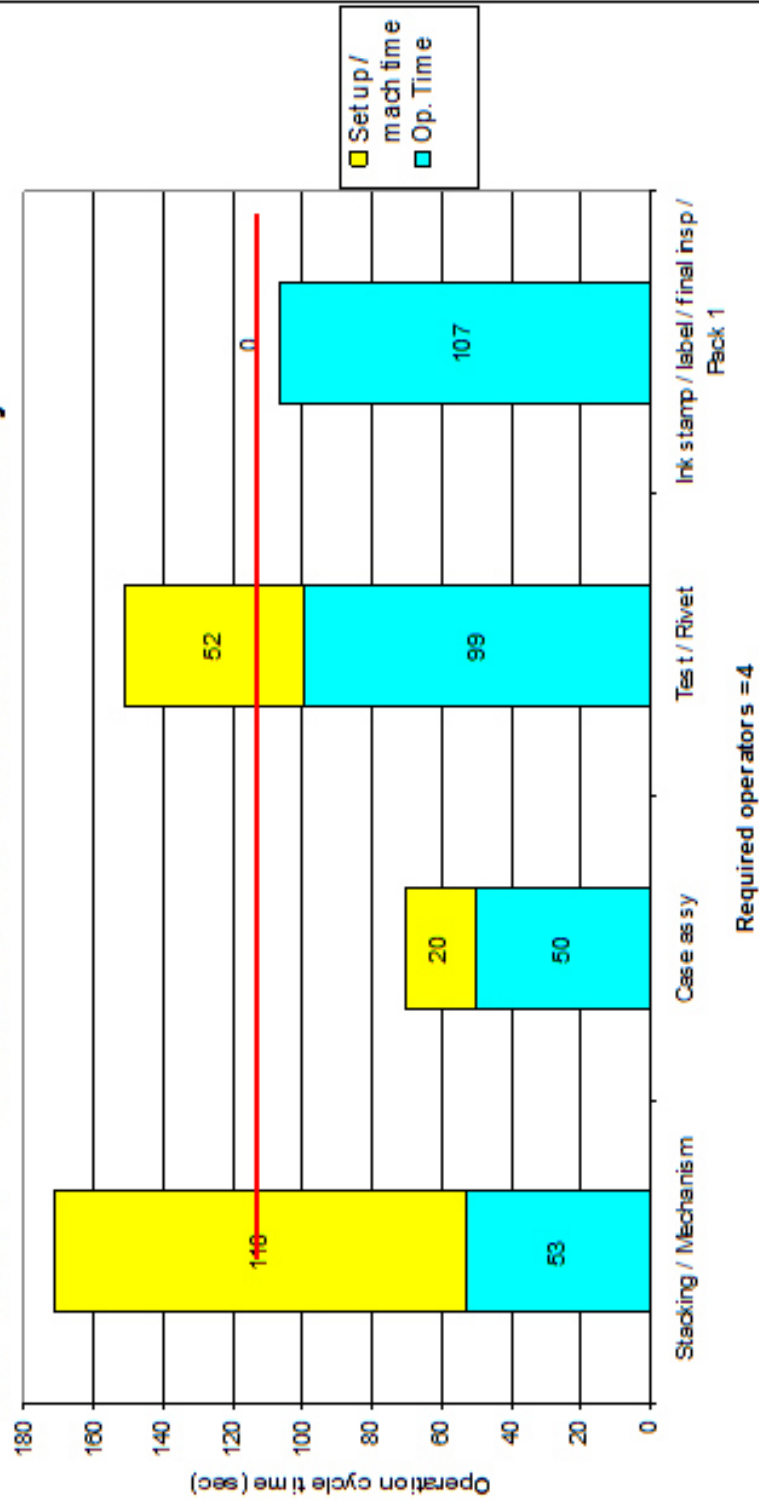
Cutler-Hammer



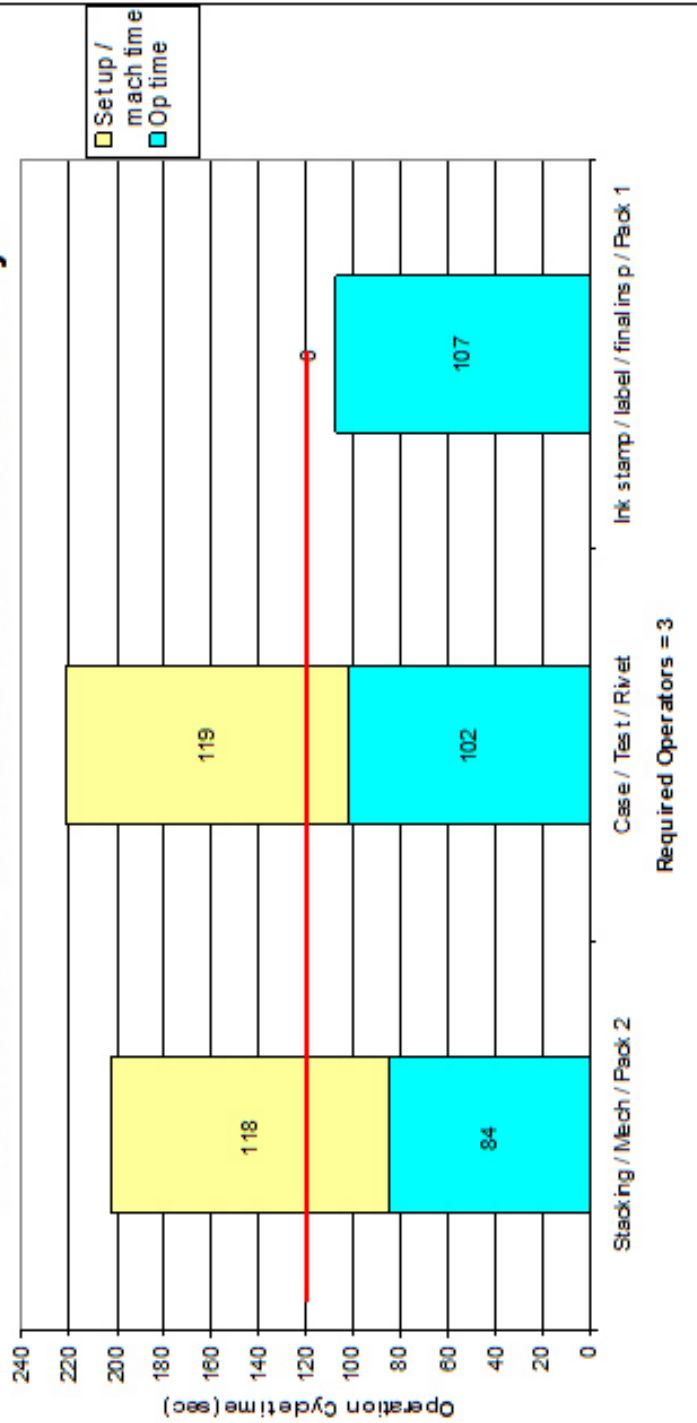
# CD LINE Operator Balance Chart (As is) for Breaker CE1--G3-U-0100-01A



# **CD LINE**      **Operator Balance Chart (option 1)** of breaker CE1--G3-U-0100-01A for May

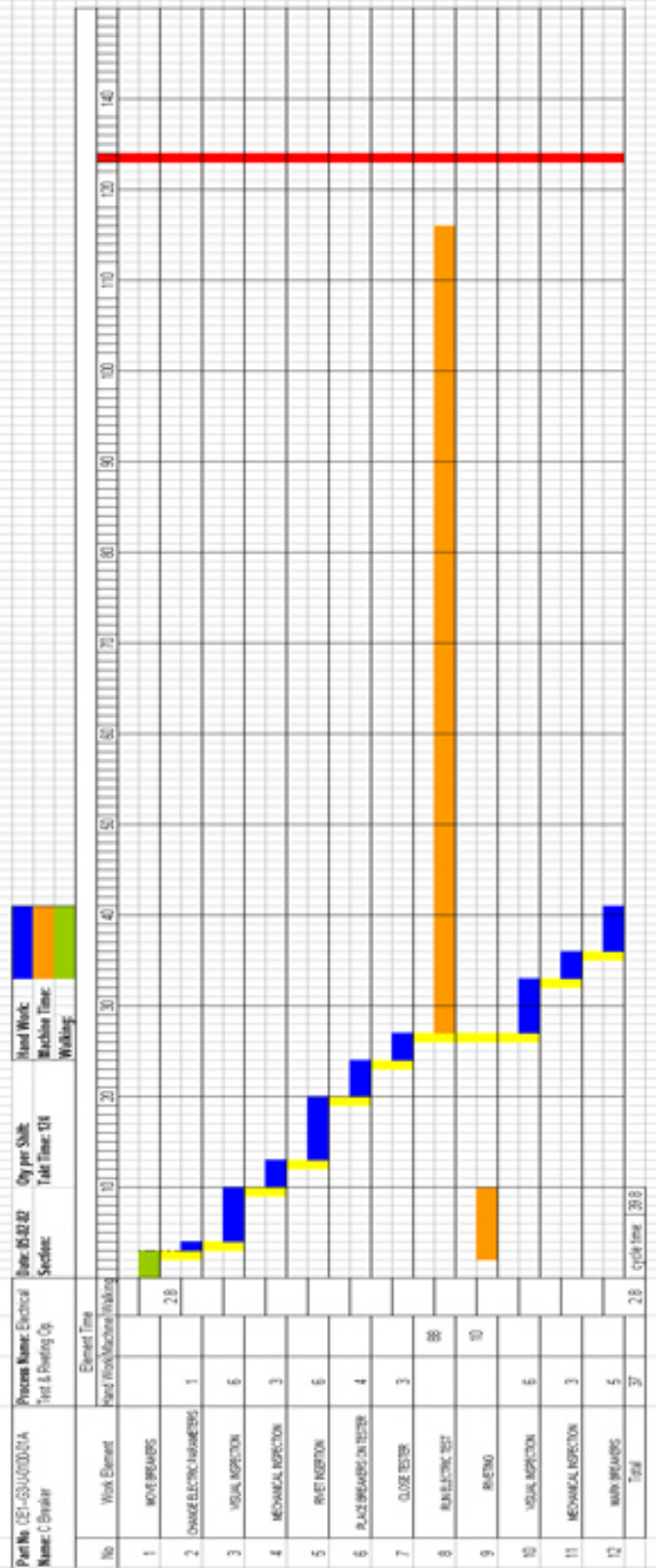


## CD LINE      Operator Balance Chart (option 2) for Breaker CE1--G3-U-0100-01A scheduled on May.

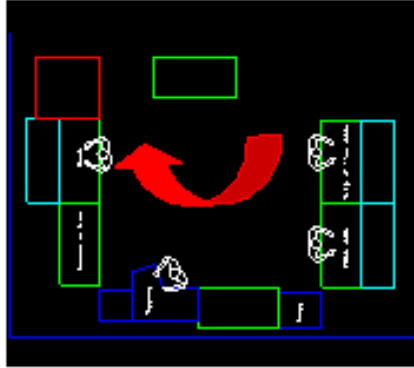
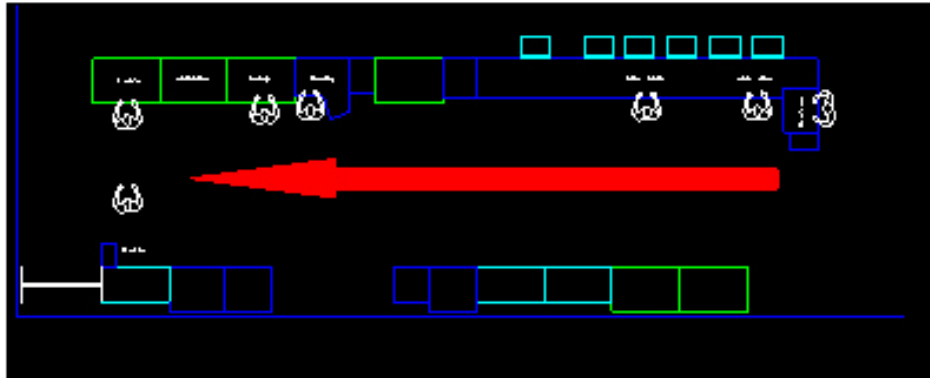


# CD LINE

## Standardized Work Combination Table



## CD LINE Layout



Sq. Feet	Sq. Feet	Improvement	Annual Savings
933	394	58.00%	\$12,936.00



Cutler-Hammer

## CD LINE

### Continuous Flow Manufacturing Kaizen Events Metrics

Metric	Before	After	Improvement	Annual savings (\$)
Floor space (sq. ft.)	933	394	58%	13,000
Operators	7	4	43%	18,000
Travel distance (ft)	125	35	72%	
WIP (Days)	15	2	87%	
				31,000



Cutler-Hammer

## CD LINE

- Team Action Plan
  - U Shape Layout Implementation
  - New WIP setup
  - Operators reassignment
  - Verificators certification
  - Improve Tester cycle Time

